

Strategien zur Effizienzsteigerung von Konstruktion und Fertigung für einen optimierten Produktentwicklungsprozess im Sondermaschinenbau

Vom Fachbereich Maschinenwesen der
Universität Essen
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktor-Ingenieurs
genehmigte Dissertation

Vorgelegt von
Diplom-Informatiker Wolfram Schlöter
aus Büdingen

Referent: Univ.-Prof. Dr.-Ing. D. Wissussek
Korreferent: Univ.-Prof. Dr.-Ing. H. J. Stracke

Tag der mündlichen Prüfung: 27. Juni 2003

Vorwort

Diese Arbeit widme ich meiner Frau Silvia, die mich in jeglicher Beziehung während des Studiums und der anschließenden Realisierung der Dissertation unterstützt hat, vor allem durch das aufgebrachte Verständnis für viele Monate ohne gemeinsame Freizeit. Dafür bin ich ihr sehr dankbar!

Mein weiterer Dank richtet sich an die Personen, ohne deren Hilfe diese Dissertation nicht in der vorliegenden Form möglich gewesen wäre:

Herrn Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Hadasik, Abteilung DV/Org. bei der Firma Fleissner GmbH & Co. in Egelsbach/Hessen – die als Referenzunternehmen des Sondermaschinenbaus zur Verfügung stand – für seine fachliche Unterstützung.

Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. D. Wissussek, Lehrstuhl für Konstruktionstechnik und Kolbenmaschinen an der Universität Duisburg-Essen, für die Ermöglichung und Förderung dieser Arbeit sowie seine Anregungen und Hilfen bei deren Umsetzung.

Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. H. J. Stracke, Institut für Prozess- und Datenmanagement der Universität Duisburg-Essen, für die Übernahme des Korreferats und die stete Bereitschaft mit Rat und Tat zur Seite zu stehen.

Büdingen, im Mai 2003

Wolfram Schlöter

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Heutige Arbeitsweise im Sondermaschinenbau	4
2.1	Besonderheiten und Spezifikationen der Branche	5
2.2	Unternehmens- und Organisationsstruktur	7
2.3	Produkt- und Produktionsstruktur	8
2.4	Eingesetzte Softwaresysteme	10
2.4.1	Kaufmännische Software	10
2.4.2	Bürokommunikation und technische Dokumentation	10
2.4.3	Software für mechanische Konstruktion	11
2.4.4	Software für elektrotechnische Konstruktion	13
2.4.5	Analysesoftware.....	14
2.4.6	Fertigungssoftware	14
2.4.7	Produktionsplanung und -steuerung.....	15
2.5	Basis-Infrastruktur der Informationstechnologie.....	16
2.5.1	Netzwerkstrukturen im Unternehmen	16
2.5.2	Datenablage und -sicherung	17
2.6	Unternehmensspezifische Prozessabläufe	19
2.6.1	Kommunikation zwischen Vertrieb und Technik	19
2.6.2	Konstruktionsprozess.....	20
2.6.3	Änderungs- und Freigabewesen	22
2.6.4	Arbeitsvorbereitung und Fertigung	25
2.6.5	Einbindung von externen Subunternehmern	27
2.6.6	Erstellung der technischen Dokumentation	28
2.6.7	Auslieferung und Montage	28
2.7	Handhabung von Konstruktions- und Fertigungsunterlagen	29
2.7.1	Altzeichnungsarchiv	30
2.7.2	Zeichnungs- und Dokumentenbestände in der Fertigung	31
2.8	Zusammenfassung der Defizite	32
3	Forderungen zur Umsetzung neuer Prozess- und Informationstechnologien.....	34
3.1	Allgemeine Forderungen	34
3.2	Zugriff auf produkt- und projektspezifische Informationen.....	37
3.3	Dokumentenausgabe „On Demand“	38
3.4	Standardisierung der Produktentwicklung.....	39
3.4.1	Reduzierung der Teilevielfalt.....	40
3.4.2	Konfigurationsmanagement	41
3.4.3	Automatische Erstellung der Dokumentation.....	42

3.5	Unterstützung der Prozesse (Workflow)	42
3.6	Papierlose Fertigung	43
3.7	Fazit	44
4	Analyse der geeigneten Softwarekomponenten für ein IT-Gesamtkonzept.....	46
4.1	CAD/CAM-Systeme	47
4.2	Zeichnungsverwaltungssysteme	47
4.3	Datenbanksysteme	49
4.4	PDM/PLM-Systeme	53
4.4.1	ERP-gestützte PLM-Lösungen	59
4.4.2	Unabhängige und CAD-nahe PLM-Lösungen	60
4.5	Wahl der geeigneten Softwarekomponenten	62
4.6	Kernfunktionalitäten von PLM-Systemen	65
4.6.1	Dokumentenmanagement	65
4.6.2	Produktstrukturverwaltung	68
4.6.3	Klassifizierung	69
4.6.4	Änderungs- und Freigabemanagement	70
4.6.5	Workflowmanagement	71
4.6.6	CAD-Integration	73
4.6.7	Internetbasierender Systemzugriff	73
4.6.8	Standortübergreifende Verfügbarkeit	74
4.7	Architektur von PLM-Systemen	75
4.8	Wahl der Programmiersprache für die Generierung von Schnittstellen zu vorhandenen Altsystemen	80
5	Randbedingungen.....	81
5.1	Wirtschaftlichkeit von Systemeinführungen und -umstellungen	81
5.2	Einbindung in bestehende Prozessabläufe	83
5.3	Technologischer Stand der Softwareprodukte	83
6	Gesamtkonzept zur Integration bestehender Systeme und Prozesse in eine neue IT-Struktur	85
6.1	Allgemeines	85
6.2	Überarbeitung und Anpassung der IT-Infrastruktur	86
6.2.1	Vereinheitlichung der Betriebssysteme und Hardwareplattformen	86
6.2.2	Optimierung der Netzwerkstruktur	87
6.3	Einführung eines PLM-Backbones zur zentralen Verwaltung von Produktdaten ...	87
6.4	Verschmelzung von 2D- und 3D-Prozess über das PLM-Backbone	98
6.4.1	Überführung der Altdatenbestände (Mikrofiches) in digitale Daten	101
6.4.2	Einbindung der ME10-Daten	102
6.4.3	Verwaltung von 3D-Daten	106
6.5	Optimierung der Engineeringprozesse	107

6.5.1	Anpassung des Prüf- und Freigabeprozesses.....	107
6.5.2	Dokumentenausgabe.....	108
6.5.3	Beauskunftungsfunktionalität für Vertrieb und Einkauf	111
6.5.4	Einbindung von externen Standorten und Zulieferern	113
6.5.5	Klassifizierung und Standardisierung der Produktentwicklung.....	116
6.5.6	Technische Dokumentation.....	122
6.6	ERP/PLM-Kopplung	124
6.6.1	Art und Form der Kopplung.....	124
6.6.2	Umfang der Funktionalität der ERP/PLM-Kopplung	126
7	Umsetzung und Implementierung.....	128
7.1	Konfiguration der PLM-Basisfunktionen.....	129
7.2	Unternehmensspezifische Prozesse und Individualprogrammierungen	133
7.3	Diskussion der Verbesserungen.....	140
8	Ausblick.....	143
9	Zusammenfassung	146
10	Literaturverzeichnis	148
11	Anhang	151
	Abkürzungen.....	151
	Abbildungsverzeichnis.....	154

1 Einleitung

Die Globalisierung der Märkte stellt für die Wirtschaft die wohl größte Herausforderung der letzten Jahrzehnte dar. Sahen sich die Unternehmen in der Vergangenheit einem starken lokalen Wettbewerb ausgesetzt, so stellt sie heute der internationale Konkurrenzdruck vor völlig neue Aufgaben.

Vor allem durch den Fall von Zoll- und Einfuhrschranken auch zu den Ländern, die aufgrund ihrer Infrastruktur zu deutlich geringeren Kosten produzieren, als es die hiesige Wirtschaft kann, stellt sich die Wettbewerbssituation der Unternehmen in einem neuen Licht dar.

War diese Entwicklung zu Beginn der Globalisierung vor allem in der Konsumgüterindustrie (z. B. Consumer-Electronic wie Kameras, Fernsehgeräte etc.) zu spüren, so sind heute auch typische Investitionsgüter wie Maschinen und Anlagen davon betroffen. Es darf jedoch nicht vergessen werden, dass diese veränderten Randbedingungen auch gleichzeitig eine neue Chance bieten, die Chance nämlich, diese Regionen der Erde als neuen Absatzmarkt für die eigenen Produkte und Leistungen zu erobern.

Unabhängig davon, ob die Entwicklung der Weltmärkte als Chance oder Gefahr gesehen wird, ist es unabdingbar, darauf derart zu reagieren, dass das Überleben des eigenen Unternehmens gesichert wird. Um sich Wettbewerbsvorteile zu verschaffen, bestehen im Wesentlichen drei prinzipielle Möglichkeiten:

- die eigenen Produkte werden kostengünstiger angeboten als die des Wettbewerbs,
- bei gleichem Preis bieten die eigenen Produkte eine bessere Qualität, und
- neue, innovative Produkte werden schneller an den Markt gebracht, als es der Mitbewerber kann

Insbesondere im Bereich der Kosten bestehen aufgrund der hohen Lohn- und Lohnnebenkosten für die hiesige Wirtschaft kaum Möglichkeiten, sich von Wettbewerb abzusetzen. Auch eine deutliche Verbesserung der Produktqualität ist schwierig, da die einheimischen Produkte ohnehin auf dem Weltmarkt speziell in diesem Punkt einen ausgesprochen guten Ruf genießen („*Made in Germany*“ ist ein Qualitätssiegel!).

Aber gerade die Zeitspanne von der Entwicklung neuer Produkte bis zur Markteinführung, heute auch oftmals mit dem Begriff „*Time-to-Market*“ bezeichnet, stellt einen außerordentlich wichtigen Wettbewerbsvorteil dar, da der Markt in immer kürzeren Intervallen neue Innovationen nachfragt bzw. die Industrie über geeignete Marketingmaßnahmen eine Nachfrage nach diesen Produktinnovationen weckt. Auch hier ist die Konsumgüterindustrie

der Vorreiter dieses Trends, was sich an Beispielen wie Innovationszyklen für Handys oder Digitalkameras deutlich machen lässt, die heute bei < 6 Monaten liegen und mit jeder neuen Modellgeneration ein Vielfaches an Leistung zum gleichen Preis bieten. Aber auch die Investitionsgüterindustrie unterliegt diesem Zwang, was sich daran ablesen lässt, dass die mittlere Vermarktungszeit für einen Personenkraftwagen des mittleren bis gehobenen Preissegments vor 10 Jahren noch bei 8-12 Jahren lag, heute jedoch die Automobilhersteller nach spätestens 3-5 Jahren ein Nachfolgemodell auf den Markt bringen.

Eine besondere Herausforderung an die Unternehmen stellt somit die drastische Verkürzung der Produktentwicklungszyklen dar, also der Zeitspanne, die von der ersten Idee bzw. dem ersten Entwurf des Produktes bis zur Serienreife vergeht. Möglich ist dies nur, wenn in den Unternehmen dafür gesorgt wird, dass die typischen Schritte für die Entwicklung und Fertigung eines Produktes von der bisher üblichen sequenziellen Abarbeitung überführt werden zu einer Parallelisierung dieser Prozesse. Diese Prozessparallelisierung wird auch „*Concurrent Engineering*“ [1] genannt (vgl. **Abbildung 1-1**) und hat sich heute in der Produktentwicklung fest etabliert.

Hierbei ist es unerheblich, welche Branche betrachtet wird – sei es die Automobilindustrie, die Consumer-Electronic-Branche oder der Maschinenbau. Jedes Unternehmen, das sich mit der Entwicklung und Vermarktung von Produkten befasst, versucht heute nach dem Prinzip des „*Concurrent Engineering*“ zu arbeiten.

Möglich wird dieser technologische Fortschritt erst durch den Einsatz von moderner Informationstechnologie¹. So haben heute alle am Produktentwicklungsprozess beteiligten Abteilungen Softwarewerkzeuge zur Verfügung, die die Abarbeitung spezieller Aufgabenstellungen erleichtern bzw. erst ermöglichen. Im Bereich der Produktionsplanung und -steuerung kommen so genannte ERP²-Systeme zum Einsatz, Konstruktionsabteilungen sind flächendeckend mit CAD³-Lösungen ausgestattet, und die Fertigung betreibt die Bearbeitungsmaschinen mit Hilfe von speziellen Programmiersystemen für Maschinensteuerungen, um nur einige der Einsatzgebiete zu nennen.

Es ist in diesem Zusammenhang durchaus die Aussage erlaubt, dass die Nutzung von IT-Technologie in den vergangenen Jahren den mit Abstand höchsten Grad an Rationalisierung in den Unternehmen mit sich gebracht hat. Grundlage hierfür waren sicher die immensen Entwicklungsschritte, die diese Technologie in kürzester Zeit durchlaufen hat und, die daraus erwachsenen Möglichkeiten.

¹ Im Folgenden IT-Technologie genannt

² ERP – Enterprise Resource Planning

³ CAD – Computer Aided Design

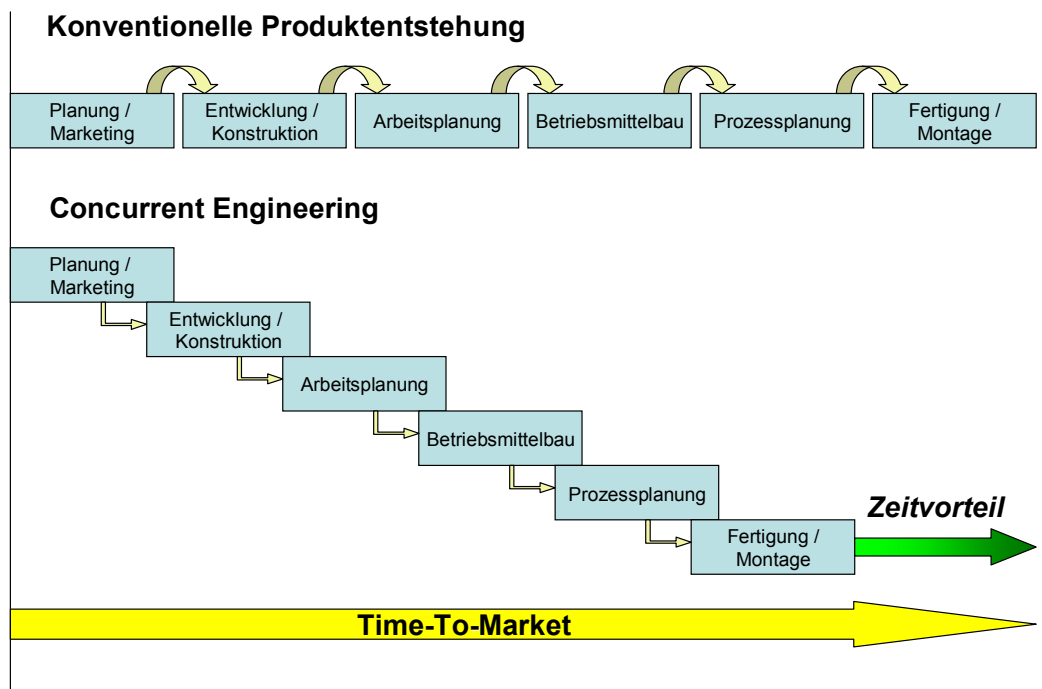


Abbildung 1-1: Parallelisierung der Schritte in der Produktentwicklung

Viele Volkswirtschaftler gehen so weit zu sagen, die Globalisierung der Märkte wäre ohne den rasanten Fortschritt in der Computertechnik gar nicht möglich gewesen. Allerdings hat die Nutzung von neuen (IT-)Technologien auch Folgen, die es bei der Planung des Einsatzes dieser Lösungen zu berücksichtigen gilt. So besteht beispielsweise die Notwendigkeit, die sich durch die Nutzung von Computertechnologie zwangsläufig ergebenden Änderungen an innerbetrieblichen Abläufen in Einklang zu bringen mit bereits langfristig bestehenden und eingespielten Prozessen. Nicht in jeder Sparte der produzierenden Wirtschaft treten hierbei die gleichen Problemstellungen auf. Es ist jedoch legitim, die Behauptung aufzustellen, dass es keine Branche gibt, in der die Nutzung von IT-Technologie ohne Einfluss auf innerbetriebliche Prozesse bleibt.

Die vorliegende Arbeit wird dies am Beispiel der Branche „Sondermaschinenbau“ näher erläutern und Wege aufzeigen, wie diesen Problemen begegnet wird. Der Anspruch an die Einführung neuer Technologien, sich in bestehende Unternehmensabläufe homogen einzufügen und dennoch den gewünschten Rationalisierungseffekt und damit Wettbewerbsvorteil zu erzielen, kann durch geeignete Maßnahmen und Vorgehensweisen durchaus sichergestellt werden, wie im Rahmen dieser Arbeit nachgewiesen wird.

2 Heutige Arbeitsweise im Sondermaschinenbau

Der Maschinenbau gehört in Deutschland zu den Schlüsselindustrien. Nicht weniger als 30 % aller Arbeitsplätze im produzierenden Gewerbe können direkt oder indirekt dieser Branche zugeordnet werden. Zweifellos kann gesagt werden, dass der deutsche Maschinenbau neben der deutschen Automobilindustrie der Industriezweig ist, der eine starke Dominanz auf dem Weltmarkt darstellt. Ein Vergleich beider Industriesegmente macht deutlich, dass die Anforderungen an Unternehmensstrukturen und -prozesse sehr unterschiedlich sind.

Die Automobilindustrie wird dadurch bestimmt, dass ein ausgesprochen komplexes Produkt, z. B. ein Personenkraftwagen, in sehr großer Stückzahl (bis zu 2000 Einheiten pro Tag) möglichst kostengünstig und qualitativ hochwertig hergestellt wird. Mögliche Varianten des Endproduktes sind klar definiert, das Basisfahrzeug kann nur mit einer fest umrissenen Palette von optionalen Ergänzungen, z. B. Klimaanlage, Schiebedach etc., vom Kunden bestellt werden. Aufgrund der hohen Stückzahl sind die direkten Produktionskosten für das Endprodukt der größte Block bei einer Gesamtkostenbetrachtung über den Lebenszyklus dieses Produktes.

Die Kosten für die Entwicklung sind durchaus beträchtlich, sind aber bei der Umlage auf die hergestellten Einheiten relativ gering, gemessen am Gesamtkostenblock pro produzierter Einheit. Das hat dazu geführt, dass Rationalisierungsmaßnahmen in der Automobilindustrie häufig im Bereich der Fertigung angesetzt wurden. Angefangen von der Einführung von Fließbändern über die Automatisierung durch Robotertechnik bis hin zum Outsourcing ganzer technologischer Einheiten an Subunternehmer (z. B. Getriebe, Kunststoffteile oder Sitze), zielen diese Maßnahmen alle in Richtung der Kostensenkung und Qualitätsverbesserung in der direkten Produktionsumgebung. Das soll nicht heißen, dass auf Seiten der Entwicklung, der Administration oder der Logistik nicht auch Rationalisierungsmaßnahmen umgesetzt wurden. Der größere Effekt der Maßnahmen hinsichtlich Kosten, Qualität etc. liegt aber eindeutig auf Seiten der Fertigung.

In der Maschinenbaubranche sind die Verhältnisse etwas andere. Auch hier wird eine Basismaschine mit einer fest umrissenen Anzahl von möglichen Optionen angeboten. So hat beispielsweise ein Hersteller von numerisch gesteuerten Fräsmaschinen als Ergänzung zur Basismaschine Optionen im Programm, die es erlauben, eine automatische Materialzu- und -abführung mit der Maschine zu kombinieren, einen Schwenktisch für Mehrseitenbearbeitung einzubauen oder dem Kunden die Möglichkeit zu geben, aus verschiedenen elektronischen Steuerungen eine Auswahl nach seinen Wünschen zu treffen. Diese Vorgehensweise ist durchaus vergleichbar mit der der Automobilbranche.

Der maßgebliche Unterschied liegt allerdings in der Anzahl der produzierten Einheiten. Typische Produkte des Maschinenbaus werden in deutlich kleineren Stückzahlen hergestellt und vertrieben, als es z. B. bei dem Massenprodukt „PKW“ der Fall ist. Aufgrund dieser deutlich geringeren Stückzahlen bildet der Kostenblock für die Entwicklung der Maschine einen wesentlich höheren Teil der Gesamtkosten, als beim PKW. Das wiederum führt dazu, dass, gemessen an den Gesamtkosten, Maßnahmen zur Rationalisierung und Kostensenkung im Bereich der Entwicklung und Konstruktion in der Maschinenbaubranche höhere Effekte erzielen als z. B. in der Automobilindustrie.

An diesem Beispiel wird deutlich, dass in durchaus artverwandten Branchen, in diesem Fall dem produzierenden Gewerbe, sich sehr deutliche Unterschiede dahingehend ergeben, wie der jeweilige Unternehmenszweig auf den globalen Wettbewerbsdruck reagieren muss. Je detaillierter eine Branche betrachtet wird und je genauer die Randbedingungen dieser Branche bekannt sind, desto gezielter gelingt es, Defizite zu erkennen und Maßnahmen abzuleiten, um sich den ständig verändernden Marktgegebenheiten zu stellen.

Im Rahmen dieser Arbeit wird der Sondermaschinenbau als zu untersuchende Branche gewählt, da die Komplexität der Aufgabenstellungen und der verwendeten Prozesse, verglichen mit anderen Zweigen der Maschinenbauwirtschaft, ausgesprochen hoch ist.

2.1 Besonderheiten und Spezifikationen der Branche

Der Sondermaschinenbau zeichnet sich dadurch aus, dass die dort entwickelten und gefertigten Maschinen bzw. Anlagen eine sehr spezielle, technologisch anspruchsvolle Aufgabenstellung erfüllen und als so genannte Sonderanfertigungen nach den Wünschen des Auftraggebers konzipiert werden.

In der Regel entwickeln Sondermaschinenbauer grundlegende Verfahren zur Lösung eines technischen Detailproblems und verbauen diese Technologie als Kerntechnologie in ihren Anlagen und Maschinen, oftmals auch als eine spezielle Funktionseinheit einer komplexen Großanlage. Verdeutlicht werden soll dies an folgendem Beispiel:

1. Ein Automobilhersteller plant den Neubau einer Montagestraße für die gleichzeitige Montage von mehreren Fahrzeugtypen in der gleichen Anlage. Hier besteht eine Detailaufgabe darin, die der Anlage zugeführten Einzelteile automatisch danach zu sortieren, für welchen Fahrzeugtyp sie geeignet sind, und entsprechend zum richtigen Zeitpunkt an die richtige Stelle am Montageband weiterzuleiten.

2. Diese Detailaufgabe wird von einem Sondermaschinenbauer gelöst, der sich auf Aufgabenstellungen spezialisiert hat, die sich mit Technologien für die automatische Geometrierkennung befassen.
3. Diese Kernkompetenz setzt er ein, um für diesen speziellen Anwendungsfall eine Lösung zu entwickeln, die die Randbedingungen erfüllt, die sich hinsichtlich der zu verarbeitenden Ersatzteilgröße, der räumlichen Gegebenheiten der Gesamtanlage und der zeitlichen Vorgaben ergeben.

Hieraus wird verständlich, dass jede Maschine, die von einem Sondermaschinenbauer ausgeliefert wird, nahezu ein Unikat ist. Zumindest ist die Zahl der produzierten gleichen Einheiten, auch Losgröße genannt, sehr klein. In der Regel ist die Losgröße 1.

Geringe Stückzahlen bedeuten aber, dass mit Methoden aus der Serienfertigung nicht sinnvoll produziert werden kann. Somit sind spezielle, oftmals manuelle Fertigungsverfahren heute die Regel. Das Beispiel zeigt weiter, dass Sondermaschinenbauer Marktnischen erschließen, die einerseits den Vorteil bieten, dass diese Nischen nicht von vielen Mitbewerbern besetzt werden. Andererseits liefert der Binnenmarkt jedoch nicht genug Nachfrage, um ein Unternehmen überlebensfähig zu halten. Somit ist die internationale Präsenz für Unternehmen aus dem Sondermaschinenbau oft zwingende Voraussetzung für deren Wirtschaftlichkeit.

Aus der Historie heraus sind Sondermaschinenbauunternehmen oft aus Handwerksbetrieben entstanden, die sich im Laufe der Zeit zu unabhängigen, mittelständischen Unternehmen entwickelt haben. Konzepte, die sich mit der Effizienzsteigerung dieser Unternehmen durch Einsatz neuer Technologien befassen, müssen prinzipiell unabhängig von der Art des jeweiligen Unternehmens sein. Um jedoch die Umsetzbarkeit dieser Konzepte auch in der Praxis zeigen zu können, ist es notwendig, ein Referenzunternehmen zu definieren und somit beispielhaft die charakteristischen Anforderungen zu formulieren, die dann die Grundlage für die Entwicklung des Konzeptes bilden. Anschließend kann dann in dem Referenzunternehmen das Konzept praktisch umgesetzt und dessen Machbarkeit nachgewiesen werden.

Daher wird im Rahmen dieser Arbeit die Firma Fleissner GmbH & Co. in Egelsbach/Hessen als Referenzunternehmen genutzt. Fleissner ist hinsichtlich der eingesetzten Verfahren und Prozesse typisch für eine Vielzahl von Unternehmen aus der Branche des Sondermaschinenbaus in Deutschland. Die nachfolgenden Betrachtungen des Kapitels 2 beziehen sich somit auf die aktuelle Situation im Referenzunternehmen. Grundsätzlich muss hier aber gesagt werden, dass alle aus der Analyse gezogenen Schlüsse allgemeingültig

aufgestellt werden, so dass die gefundenen Lösungen auf andere Sondermaschinenbauunternehmen problemlos übertragbar sind.

2.2 Unternehmens- und Organisationsstruktur

Das Referenzunternehmen, die Firma Fleissner GmbH & Co. mit Sitz in Egelsbach/Hessen, ist ein mittelständisches Maschinenbauunternehmen, das vor mehr als 150 Jahren in Asch/Böhmen als Schmiedebetrieb gegründet wurde. Der schnell wachsende Betrieb wurde schon wenige Jahre später um eine Eisengießerei erweitert und entwickelte sich zu einem Unterlieferanten der ortsansässigen Textilindustrie. Zu dieser Zeit stellte das noch junge Unternehmen Aufzüge, Zentrifugen, Färbeapparate und andere Textilmaschinen her. Die noch heute zum Kerngeschäft gehörende Sparte der Textiltrocknungstechnologie fand ihren Anfang ebenfalls in diesem Zeitraum.

Durch die Entwicklung von zukunftsorientierten, innovativen Technologien und der Adressierung neuer Geschäftsfelder ist es dem Unternehmen gelungen, sich auf dem Weltmarkt zu etablieren. Der Personalstamm umfasst heute mehr als 800 Mitarbeiter. Neben den deutschen Entwicklungs- und Produktionsstandorten Egelsbach und Ansbach unterhält Fleissner eigene Niederlassungen in Charlotte/USA sowie Peking/China und ist darüber hinaus in nahezu allen Ländern der Erde durch Repräsentanten vertreten. Bei einer Exportquote von mehr als 80 % des Gesamtgeschäftes bildet der asiatische Markt, insbesondere China, den größten Wachstumsmarkt [2].

Der wirtschaftliche Erfolg des Hauses Fleissner liegt maßgeblich darin begründet, dass das Unternehmen die Anforderungen der Kunden uneingeschränkt in den Mittelpunkt des geschäftlichen Handelns stellt. Alle Maschinen und Anlagen werden nach Wunsch des Kunden entwickelt und gefertigt; damit ist Fleissner ein klassischer Sondermaschinenbauer. Durch flache Hierarchien und klar gegliederte Organisationsstrukturen werden kurze Entscheidungswege ermöglicht, was einen deutlichen Wettbewerbsvorteil zu den Unternehmen darstellt, die in Konzernstrukturen eingebunden sind und dadurch ein hohes Maß an Flexibilität verlieren. Auch der Umstand, dass sich das Unternehmen Fleissner in Privatbesitz befindet und der Inhaber das Geschäft alleine führt, trägt zu einer klaren und langfristigen Unternehmensausrichtung bei, die die Grundlage des dauerhaften Erfolgs bildet.

Neben der maschinenbaulichen Expertise stellt das Wissen um die Verfahrenstechnik der Anlagen die Kernkompetenz des Unternehmens dar. Für die Entwicklung und Konstruktion

sowie die Grundlagenforschung der Verfahrenstechnik setzt Fleissner konsequent auf neueste und innovative Technologien. Damit unterstreicht das Unternehmen sowohl in seinen Produkten als auch in seinen Entwicklungs-, Produktions- und Forschungsprozessen seinen Anspruch nach höchstem technologischen Standard.

2.3 Produkt- und Produktionsstruktur

Das Produktspektrum des Referenzunternehmens gliedert sich in sechs Sparten [2]:

Maschinen und Anlagen für die

- Web- und Maschenwarenausrüstung
 - Trocknungsanlagen
 - Färbeanlagen
 - Nassausrüstungsanlagen
z. B. Vor- und Vollbleichanlagen, Farb- und Drucknachwäsche
- Wollveredelung
 - Veredelungsanlagen für lose Wolle und Wollkammzüge
- Teppichindustrie
 - Färbe- und Druckanlagen, Beschichtungsanlagen, Mehrtonfärbeanlagen
- Chemiefaserherstellung
 - Spinnerei, Faserstraßen, Verpackungsanlagen
- Nonwovensausrüstung
 - Vliese- und Syntheselederherstellung, Vliesverfestigung, Trockner (siehe **Abbildung 2-1**).
- Herstellung von Papier und Tissue
 - Durchströmtrockner

Alle Anlagen und Maschinen werden auftragsspezifisch gefertigt, es erfolgt keine Produktion auf Lager, auch nicht für häufig gebrauchte Baugruppen oder Funktionseinheiten. Lediglich Einzelteile, wie Hülsen, Muffen etc., werden auf Lager gefertigt oder zugekauft. Diese Fertigungsstrategie ist neben den kundenspezifischen Entwicklungen zu jeder Anlage der Grund für die relativ langen Lieferzeiten von 3-9 Monaten. Da jede Anlage ein kundenspezifisches Unikat darstellt, ist eine andere Fertigungsstruktur nur sehr aufwendig und mit einem erheblichen Risiko der Fehlproduktion zu realisieren.

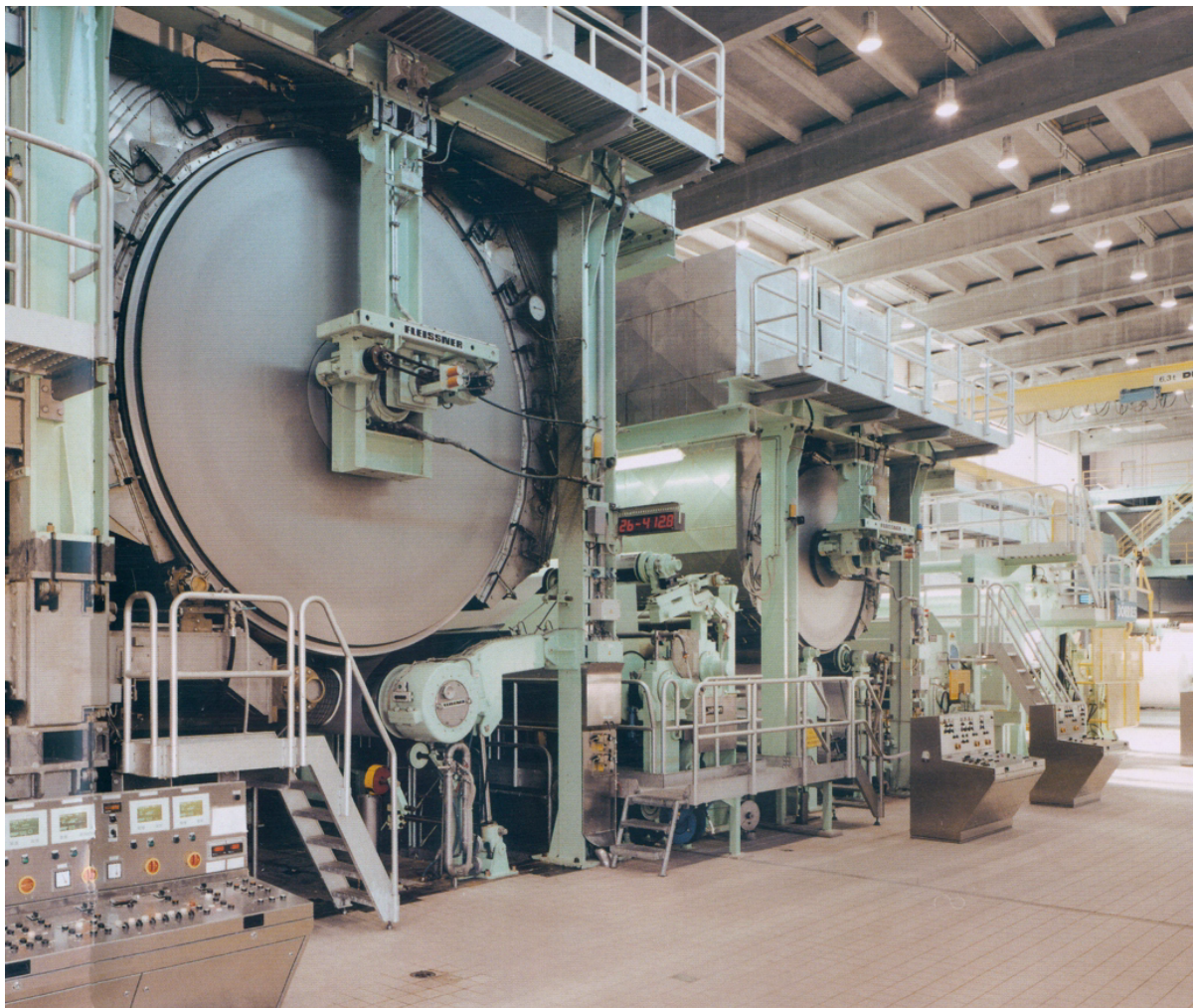


Abbildung 2-1: Trocknungsanlage mit „High-Tech-Trommel“

Bei den Anlagen handelt es sich um High-Tech-Systeme mit teils revolutionären Technologien, wie z. B. der Wasserstrahlvernadelungstechnik, die bei der Vliesherstellung die Verwendung von konventionellen Stahlnadeln durch den Einsatz von Hochdruckwasserstrahlen ersetzt. In mehreren Sparten, beispielsweise der Chemiefaserherstellung

und der Nonwoventechnologie, hat sich Fleissner aufgrund der verwendeten Technologien und der gelieferten Qualität als weltmarktführendes Unternehmen etabliert.

2.4 Eingesetzte Softwaresysteme

Arbeitsmittel, und dazu gehören auch Softwarewerkzeuge, wurden in der Vergangenheit häufig ausschließlich danach ausgewählt, wie gut sie die Aufgabenstellungen bewältigen konnten, für dessen Einsatzzweck sie bestimmt waren. Die Kompatibilität von Softwarewerkzeugen untereinander stand nicht im Vordergrund, wenn sie bei der Auswahl überhaupt Berücksichtigung fand. Ein Gesamtkonzept für die Nutzung von Softwarekomponenten war nicht vorhanden. Das hatte zur Folge, dass Insellösungen geschaffen wurden, die für den Einsatzzweck „Best-In-Class“-Lösungen darstellen, jedoch häufig die Verbindung zu angrenzenden Gebieten vermissen lassen.

2.4.1 Kaufmännische Software

Für den Bereich der Lohn- und Gehaltsbuchhaltung wird heute aus dem Hause SAP ein Baustein des Systems SAP R/3 eingesetzt, das HR⁴-Modul. Obwohl die Lösung SAP R/3 weit mehr Möglichkeiten bietet, beispielsweise die gesamte Produktionsplanung und -steuerung sowie PLM⁵ und Workflowmanagement, kommen für diese Aufgaben andere Werkzeuge zum Einsatz bzw. werden diese Aufgaben manuell bewerkstelligt. SAP R/3 wird eingesetzt auf PCs⁶ unter dem Betriebssystem „Windows® 2000“ aus dem Hause Microsoft®, wobei die Software nicht gekauft wurde, sondern über einen ASP⁷ zur Verfügung gestellt wird. Somit entfällt für diese Anwendung die Bevorratung von Servern und Wartungspersonal.

2.4.2 Bürokommunikation und technische Dokumentation

Die Aufgabenstellungen der Bürokommunikation und der technischen Dokumentation sind von besonderer Bedeutung, da der Großteil aller im Unternehmen erzeugten Dokumente genau aus diesen Bereichen stammt. Insbesondere die technische Dokumentation zu den verkauften Maschinen stellt hohe Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der eingesetzten

⁴ HR – Human Resources

⁵ PLM – Product Lifecycle Management

⁶ PC – Personal Computer

⁷ ASP – Application Service Provider

Programme, denn diese Dokumentation unterliegt einerseits festen gesetzlichen Richtlinien, wie z. B. mehrsprachige Ausfertigung (i. d. R. Deutsch, Englisch und ggf. Landessprache des Kunden), andererseits werden in die technische Dokumentation häufig Dokumente eingearbeitet, die aus anderen Datenquellen, wie z. B. CAD-Systemen, stammen. Explosionszeichnungen der ausgelieferten Maschinen oder Maschinenansichten sind hierfür konkrete Anwendungsfälle.

Moderne Textverarbeitungsprogramme lösen diese Aufgabenstellung problemlos. Die Schwierigkeit liegt jedoch darin, sicherzustellen, dass die verwendeten Daten aus anderen Systemen und Organisationsteilen immer den gleichen Entwicklungsstand haben wie die erstellte Dokumentation. Für die klassischen Aufgaben in der Bürokommunikation, wie Textverarbeitung, Tabellenkalkulation und Erstellung von Präsentationsgrafiken, sowie die Erstellung von maschinenspezifischer Dokumentation wird auf die marktgängigen Produkte aus der „Office-Familie“ des Hauses *Microsoft*[®] gesetzt. Die entsprechenden Softwaremodule sind für jeden Mitarbeiter auf seinem PC-Arbeitsplatz verfügbar. PC-gestützte Faxdienste stehen ausgewählten Mitarbeitern in den Abteilungen zur Verfügung, die häufig in Verbindung mit Kunden und Lieferanten stehen, wie Einkauf und Verkauf, Buchhaltung und Service.

2.4.3 Software für mechanische Konstruktion

Für die computertechnische Unterstützung der Konstruktionsaufgaben (CAD) im Unternehmen wurde vor über 10 Jahren ein Programm namens ME10 aus dem Hause Hewlett-Packard eingeführt, das noch heute zu den führenden Systemen für die Erstellung von 2D-Zeichnungen gehört. Durch diese Software wurde die bis dahin übliche Konstruktionsarbeit am Zeichenbrett schrittweise abgelöst. Heute sind alle Standorte, an denen konstruktive Aufgaben wahrgenommen werden, flächendeckend mit diesem Produkt ausgestattet (ca. 55 Arbeitsplätze). Konstruktion am Zeichenbrett findet nicht mehr statt.

Der damalige Auswahlprozess für das einzusetzende System wurde von der Forderung bestimmt, den Konstruktionsprozess vom Zeichenbrett möglichst unverändert auf den Computer zu übertragen. Zu den besonderen Eigenschaften von ME10 gehörten schon damals Funktionen, die heute als zum Standard gehörend angesehen werden können, wie z. B.:

- Vollautomatische Schraffurerstellung
- Halbautomatische Bemaßung
- Unterstützung von baugruppenorientierter Konstruktion

- Umfangreiche Makro- und Programmierschnittstellen
- Normteilverwaltung

Mit diesen Funktionalitäten ist ME10 in der Lage, die typische Arbeitsweise des Konstrukteurs sehr weitgehend zu unterstützen und ihn von zeitraubenden Nebentätigkeiten zu entlasten, wie z. B. Zeichnen von Schraffuren und Normteilen. Es ist jedoch mit diesem Programm nicht möglich, dem Konstrukteur einen dreidimensionalen und damit realitätsnahen Eindruck seiner Konstruktion zu vermitteln, um beispielsweise die Kollision von Bauteilen zu bestimmen, Einbauuntersuchungen vorzunehmen oder Bewegungssimulationen durchzuführen. Mit zunehmender Komplexität der Maschinen und Anlagen werden diese Möglichkeiten jedoch unerlässlich, um sicherzustellen, dass die gewünschte Funktionalität der Maschine gegeben ist.

Daher wurde vor ca. 2 Jahren eine 3D-Software eingeführt, die diesen Aufgaben gerecht werden sollte. Der Anschaffung der Software ging ein mehrmonatiger Analyse- und Auswahlprozess voraus, bei dem untersucht wurde, welche am Markt verfügbare Lösung die Belange eines Sondermaschinenbaus am besten abbildet.

Als Kriterien für die Auswahl dienten u. a. folgende Forderungen:

- Parametrisierbarkeit der Einzelteile und Baugruppen
- Möglichkeit der automatischen Zeichnungs- und Schnittableitung
- Mögliche Anbindung der Fertigungssteuerung (CAM⁸)
- Handling großer Baugruppen

Die Wahl fiel schließlich auf das System Unigraphics[®] aus dem Hause EDS⁹. Unigraphics[®] gehört zu den weltweit führenden High-End-CAD-Systemen und kann vor allem in den letzten 4-5 Jahren eine hohe Zahl an Neuinstallationen im Bereich des Maschinen- und Sondermaschinenbaus aufweisen. Die Software wurde auf anfänglich drei Arbeitsplätzen installiert und kurze Zeit später um drei weitere Systeme ergänzt. Auf diesen Arbeitsplätzen erfolgt ausschließlich die Entwicklung von neuen Maschinen.

Eine Verwaltung der CAD-Daten wird durch eine hauseigene Entwicklung abgedeckt, die jedoch nur für die mit der ME10-Software erstellten Daten realisiert ist. Die Zeichnungsverwaltung ist so aufgesetzt, dass eine Zeichnungssuche nach vorab vergebenen Kriterien ermöglicht wird. So kann beispielsweise nach einer Zeichnungsnummer, dem Zeichnungsersteller oder dem Erstellungsdatum gesucht werden. Die Informationen des Zeichnungsschriftkopfes dienen hierbei als Schlüsselbegriffe für die möglichen Such-

⁸ CAM – Computer Aided Manufacturing

⁹ EDS – Electronic Data Systems

kriterien. Das System ist speziell darauf ausgerichtet, den Freigabeprozess von Zeichnungen zu unterstützen, und stellt hierzu auch eine einfache Kommunikation zum Produktionsplanungssystem zur Verfügung, um die Übernahme von Teilenummern und Stücklisten aus diesem System zu ermöglichen (siehe Abschnitt 2.6.3). Der eigentliche Nutzen liegt darin, aus den in ME10 generierten Zeichnungen in Verbindung mit dem ERP-System automatisch CAD-generierte Konstruktionsstücklisten zu erzeugen, um daraus z. B. Fertigungsstücklisten abzuleiten. Allerdings sind die Grenzen dieses Verwaltungswerkzeuges offensichtlich. Es können weder 3D-Daten verwaltet werden, noch ist eine Suche nach Ähnlichteilen möglich.

3D-Daten werden unter der Auftragsnummer im Dateisystem des Serverrechners abgelegt. Eine weitergehende Verwaltung der 3D-Daten ist nicht realisiert.

Eine Verbindung der 2D-Lösung ME10 und der 3D-Arbeitsplätze besteht ebenfalls nicht. Weder können aus dem 3D-System abgeleitete Ansichten ohne weiteres in ME10 weiterverarbeitet werden, noch ist es möglich, ME10-Zeichnungen ohne vorherige Konvertierung und Nacharbeit als Basis für eine 3D-Modellierung in Unigraphics® zu verwenden. Somit ist eine Weiterverwendung der in ME10 erstellten Konstruktionen und Zeichnungen auf der 3D-Seite nicht möglich. Alle CAD-Arbeitsplätze werden auf Arbeitsplatzrechnern aus dem Hause HP¹⁰ betrieben und laufen unter dem Betriebssystem HP-UX¹¹.

2.4.4 Software für elektrotechnische Konstruktion

Das Leistungsvermögen der entwickelten Maschinen und Anlagen hängt neben der mechanischen Konstruktion wesentlich von der eingesetzten Verfahrenstechnik ab. Die Grundlagen dieser Technologien werden durch Ergebnisse aus Versuchsreihen ergänzt und ergeben so das spezifische Know-how, das für die Gesamtkonzeption und letztlich den einwandfreien Betrieb der Anlage nötig ist. Für die Steuerung der Anlage und damit die Optimierung der Verfahrenstechnik sind umfangreiche Steuerungssysteme nötig. Die Programmierung und Auslegung dieser Steuerungssysteme stellen für das Referenzunternehmen eine Kernkompetenz dar. Um das spezifische Know-how der Steuer- und Regelungstechnik im eigenen Unternehmen zu halten und damit vor dem Zugriff der Wettbewerber zu schützen, wird die Entwicklung dieser Technologien in einer eigenen Abteilung betrieben. Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um elektrotechnische und

¹⁰ HP – Hewlett-Packard

¹¹ HP-UX – HP-eigenes Derivat des UNIX-Betriebssystems

elektromechanische Entwicklungen. Auch die zugehörigen Schaltschränke und Steuerpulte werden im eigenen Haus entwickelt und gefertigt.

Wie in der mechanischen Konstruktion, so werden auch diese Arbeiten durch CAD-Technologie unterstützt. Auf 15 PC-Arbeitsplätzen ist zu diesem Zweck die Software „Eplan“ aus dem Hause Wickers & Partner installiert. Sie eignet sich für die Schaltplanerstellung, die Schaltschrankauslegung und die Programmierung der SPS¹²-Steuerungen.

2.4.5 Analysesoftware

Die FEM¹³-Analyse erlaubt es, die Dimensionierung von mechanischen Bauteilen so auszulegen, dass bei geringstmöglichem Materialeinsatz die geforderte Festigkeit, Bruchzähigkeit o. Ä. gewährleistet wird. Dies führt bei konsequenter Nutzung zu erheblichen Einsparungen an Material und damit Gewicht. Daher kommt dieses Verfahren zunächst für spezielle Aufgabenstellungen zum Einsatz, z. B. bei stark bruchgefährdeten Bauteilen. Die eingesetzte Software namens „NastranTM“ aus dem Hause MacNeal-Swendler läuft auf Workstations von HP unter dem Betriebssystem HP-UX. Sie bietet den Vorteil, die 3D-CAD-Modelle direkt für die FEM-Analyse weiterverarbeiten zu können.

2.4.6 Fertigungssoftware

Die für die Steuerung der Werkzeugmaschinen notwendigen NC-Programme werden mittels einer Software erzeugt, die ebenfalls schon seit mehreren Jahren im Einsatz ist. Diese Software trägt die Bezeichnung UNC¹⁴ und eignet sich insbesondere für spanabhebende 2D-Bearbeitungsarten wie Drehen, Bohren und Drahterodieren sowie für 3D-Verfahren mit zugestellter z-Achse, wie z. B. einfache Fräsbearbeitung.

Obwohl dieses Produkt vom gleichen Hersteller stammt wie die CAD-Software Unigraphics®, ist eine automatische Verarbeitung der auf der 3D-CAD-Seite erzeugten Daten nicht ohne weiteres realisierbar. Es besteht eine Möglichkeit des Datenimports, allerdings müssen hierzu die CAD-Daten in ein standardisiertes oder neutrales Grafikformat überführt werden, wie beispielsweise IGES¹⁵, DXF¹⁶ oder MI¹⁷. Diese Daten können dann als konturgebende Geometrie für die NC-Bearbeitung eingelesen werden. Dieses Verfahren

¹² SPS – Speicherprogrammierbare Steuerung

¹³ FEM – Finite Elemente Methode (mathematisches Verfahren zur Festigkeitsbestimmung)

¹⁴ UNC – Universal Numeric Control

¹⁵ IGES – Initial Graphics Exchange Specification

¹⁶ DXF – Drawing Exchange Format

¹⁷ MI – Datenformat von ME10

hat den Nachteil, dass – abgesehen von der Kontur – die gesamte am CAD-Teil anhängige Information verloren geht. Passungsmaße und Toleranzen werden ebenso wenig ausgewertet, wie definierte Oberflächengüten oder spezielle Informationen zu Bearbeitungsschritten (Featureerkennung, siehe Abschnitt 6.5.5).

Aus diesem Grund wurde die Entscheidung getroffen, die UNC-Lösung durch ein Nachfolgeprodukt zu ersetzen. Hier fiel die Wahl auf die neuere Produktpalette aus dem Hause EDS, die Unigraphics® -CAM-Module. Die Kompatibilität zur bestehenden Lösung und die mögliche tief gehende Integration zur 3D-CAD-Lösung gaben hierzu den Ausschlag. Die Ablösung der Altsysteme ist jedoch noch nicht erfolgt, da die Einführung der neuen Software einen nicht unerheblichen Umstellungsaufwand hinsichtlich der Ausbildung der Anwender, der Konvertierung der bestehenden NC-Datensätze und der Schaffung der notwendigen IT-Infrastruktur bedeutet.

2.4.7 Produktionsplanung und -steuerung

Aufgaben aus der Materialwirtschaft, wie Lagerverwaltung, Bestellwesen etc., werden ebenso über ein ERP-System gesteuert wie der Durchlauf der Aufträge, die Kapazitätsplanung in der Montage und Fertigung sowie die auftragsbezogene Zeiterfassung der Mitarbeiter in der Produktion. Zentrales Werkzeug hierfür ist die ERP-Lösung „*Piuss-Penta*“ aus dem Hause PSI AG¹⁸.

Auch diese Software ist bereits mehrere Jahre im Einsatz und wurde im Laufe der Zeit durch viele firmenspezifische Anpassungen und Sonderprogrammierungen funktionell erweitert. Diese Arbeiten wurden vorwiegend hausintern durchgeführt; an den Softwarehersteller wurden nur in wenigen Fällen Aufträge für Anpassungsprogrammierung etc. vergeben.

Piuss-Penta wird betrieben unter dem Betriebssystem HP-UX und verwendet das Datenbanksystem „*Oracle*“ für die interne Verwaltung.

¹⁸ PSI AG – Hersteller der ERP-Lösung Piuss-Penta

2.5 Basis-Infrastruktur der Informationstechnologie

Die Infrastruktur der Informationstechnologie ist gerade in solchen Unternehmen von ganz spezieller Bedeutung, die an mehreren Standorten tätig sind. Hierzu sind die folgenden Aspekte einer näheren Betrachtung zu unterziehen:

- Art und Weise der standortübergreifenden Vernetzung der Systeme
- Sicherheitsaspekte hinsichtlich Datenverlust und unbefugtem Zugriff
- Eingesetzte Client-/Servertechnologie

2.5.1 Netzwerkstrukturen im Unternehmen

Das eingesetzte Netzwerk bildet in seiner Struktur das Fundament für die Kommunikation aller Komponenten der Informationstechnologie untereinander. Die konzeptionelle Auslegung des Netzwerks und dessen Implementierung stellen eine kritische Größe für die Verfügbarkeit der IT-Infrastruktur dar. Hierbei muss unterschieden werden zwischen der hausinternen Vernetzung und der Vernetzung der Unternehmensstandorte untereinander.

Ohne auf die einzelnen Komponenten detailliert einzugehen, ist die Aussage wichtig, dass etwa 90 % des IT-Netzes im Hauptstandort für eine Bandbreite von 100 MBit/sec.¹⁹ ausgelegt sind. Diese Bandbreite ist heute Standard für den Anschluss von Endgeräten, wie PCs, Workstations, etc. Als Netzwerkprotokoll wird das für LAN²⁰-Netzwerke als Marktstandard bekannte Ethernet-Protokoll (Norm IEEE 802.3) benutzt, das heute quasi auf jedem Computer herstellerseitig bereits installiert ist.

Um die Netzwerklast innerhalb der Abteilungen zu reduzieren, und damit den Datendurchsatz zu erhöhen, wurden abteilungsbezogen so genannte Hubs in das Netz geschaltet, die den Netzwerkverkehr innerhalb der Abteilung von den Informationen trennen, die abteilungsübergreifend über das Netz transportiert werden. Die restlichen 10 % der Netzwerkkomponenten sind lediglich in der Lage, eine Geschwindigkeit von 10 MBit/sec zu fahren, was heute nicht mehr Stand der Technik ist und oftmals zum Flaschenhals für den Durchsatz des Gesamtsystems wird.

Die Kommunikation der Standorte untereinander erfolgt über Wähl- und Standleitungen der Telefongesellschaft mit einer Bandbreite zwischen 64 kBit/sec und 2 Mbit/sec. Hierzu sind

¹⁹ MBit/sec – MegaBit pro Sekunde, Maß für die Datentransferrate

²⁰ LAN – Local Area Network

spezielle Netzwerkrouter nötig, die die Aufgabe übernehmen, die Protokolle des hausinternen Netzes in die Protokolltechnik der Wähl- und Standleitungen zu konvertieren.

Die Öffnung des hausinternen Netzes nach außen birgt immer die Gefahr, dass sich unbefugte Nutzer auf das Netz aufschalten und hier Daten manipulieren oder zerstören. Um das zu unterbinden, werden spezielle Systeme am Markt angeboten, so genannte „*Firewalls*“, die an die Schnittstelle zwischen hausinternem Netzwerk und „öffentlichem“ Netz geschaltet werden und ein unbefugtes Eindringen in das Firmennetz verhindern. Diese Systeme setzen auch das Referenzunternehmen ein (siehe **Abbildung 2-2**). Die Firewall schützt den internetbasierenden Zugang zum Firmennetz. Um auch die Datenübertragung selbst vor Fremdzugriffen zu sichern, kommt eine Technologie zum Einsatz, die es ermöglicht, die normalen Internetverbindungen so zu behandeln als, wären es hauseigene Netze. Dieses VPN²¹ genannte Verfahren bieten alle gängigen Internetprovider an. In der IT-Terminologie ist dieses Verfahren auch als „*Tunneling*“ bekannt, da sich der Datenstrom sozusagen durch einen firmeneigenen Tunnel im Internet bewegt.

2.5.2 Datenablage und -sicherung

Schon früh wurde erkannt, dass mit zunehmendem Einsatz von Informationstechnologie die aufkommende Datenmenge explosionsartig wächst. Das stellt neue Anforderungen an die Ablage und Sicherung der Daten. Um dem Rechnung zu tragen, wurde im Jahr 2001 bei der Fa. Fleissner eine SAN²²-Lösung angeschafft, die heute als zentrale Einheit für die Aufnahme von Daten dient. Die SAN-Technologie ersetzt damit die bis dahin üblichen dezentralen Festplattensysteme und stellt gleichzeitig sicher, dass für die auf ihr liegenden Daten eine Verfügbarkeit > 99,999 % gegeben ist. Installiert ist die SAN-Lösung „*Symmetrix*“ des Marktführers EMC².

Vor allem die unternehmenskritischen Anwendungen CAD, CAM und ERP, die jeweils eigene Serversysteme für den Betrieb der Anwendungen nutzen, organisieren das aufkommende Datenvolumen auf dem SAN-System. Neben der extrem hohen garantierten Verfügbarkeit liegt ein weiterer Vorteil dieser Technologie darin begründet, dass auch die Sicherung der Daten zentral und im laufenden Betrieb auf Bandlaufwerken erfolgen kann, die direkt mit dem SAN-System verbunden sind. Diese Installation stellt den derzeit höchsten Stand der am Markt verfügbaren Technik dar.

²¹ VPN – Virtual Private Network

²² SAN – Storage Area Network

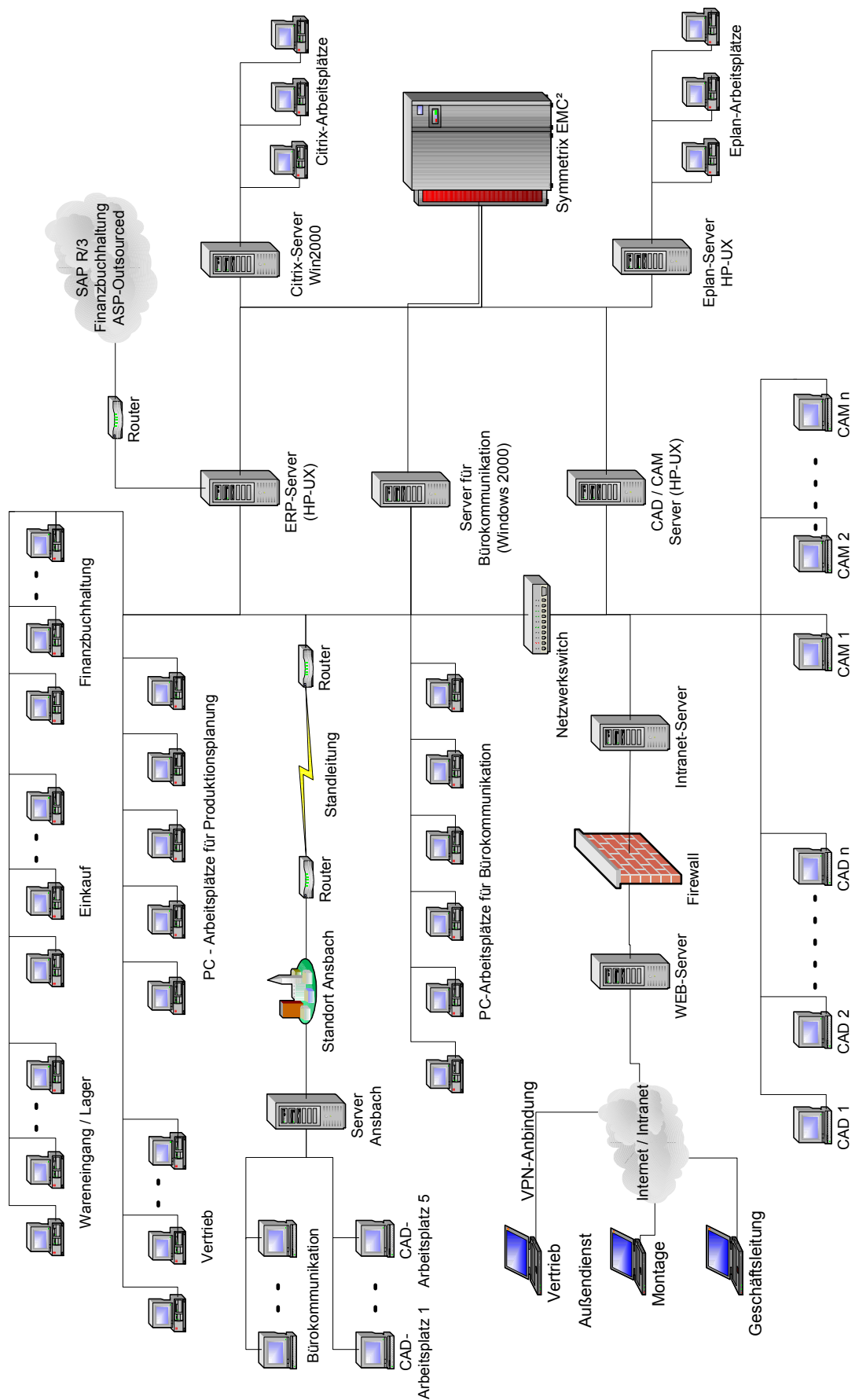


Abbildung 2-2: Darstellung der bestehenden IT-Infrastruktur

2.6 Unternehmensspezifische Prozessabläufe

Die Art der Prozessabläufe ist entscheidend für die Effizienz des Unternehmens. Deshalb bedürfen sie auch einer gesonderten Betrachtung bei der Suche nach effizienzsteigernden Maßnahmen respektive der Analyse vermeintlicher Schwachstellen. Maßgeblich sind hierbei insbesondere innerbetriebliche Abläufe, die auf technischer Seite angesiedelt sind. Kaufmännische Prozesse, wie beispielsweise das Rechnungs- und Mahnwesen oder das Finanzcontrolling, sind zweifelsfrei wichtige Elemente des Unternehmensablaufs. Sie sind aber gleichzeitig auch diejenigen Elemente, die in der Vergangenheit bereits verstärkt Optimierungsmaßnahmen unterzogen wurden. Hier besteht somit, wenn überhaupt, nur ein geringer Spielraum für weitere Optimierungsansätze. Daher wird nachfolgend vorwiegend der technische Aspekt der Unternehmensprozesse beleuchtet.

2.6.1 Kommunikation zwischen Vertrieb und Technik

Der Prozess einer Auftragsabwicklung beginnt dort, wo der Vertrieb den ersten Kontakt mit dem Kunden hat. Dieser Sachverhalt ist allgemeingültig für jede Art von Vertriebsprozess. Im Sondermaschinenbau kommt dem Kundenkontakt aber ein besonderes Augenmerk zu. Wie in Abschnitt 2.1 ausgeführt wurde, sind Sondermaschinen in der Regel Unikate, die für eine sehr spezielle Kundenanforderung entwickelt und konstruiert werden. Das bedeutet aber, dass der Maschinenlieferant sich tief gehend mit dem Kundenproblem auseinandersetzen muss, bevor er in der Lage ist, eine Aussage darüber zu treffen, ob eine technische Möglichkeit besteht, die Anforderungen des Kunden abzudecken, und wenn ja, zu welchem Preis und mit welcher Lieferzeit. Somit ist der Verkaufsprozess ein sehr langwieriger und für den Lieferanten zudem ein ausgesprochen kostenintensiver.

Durch den hohen technischen Klärungsbedarf in der Vorverkaufsphase sind die Entwicklungs- und Konstruktionsabteilungen bereits frühzeitig in den Prozess involviert, da nur in diesen Abteilungen entschieden werden kann, ob eine Realisierbarkeit der Anforderungen gegeben ist. Auch wenn in der Regel bei jeder neuen Maschine Komponenten zum Einsatz kommen, die bereits in anderen Projekten konstruiert und eingesetzt wurden, so ist der projektspezifische Anteil der Neuentwicklung doch groß.

Selbst wenn die benötigte Maschine mit einem bereits bestehenden Modell funktionell identisch ist und somit das bestehende Modell nur noch ein zweites Mal gefertigt werden müsste, um dem Kundenwunsch gerecht zu werden, so muss doch eingehend geprüft werden, ob die Maschine z. B. den Aufstellbedingungen genügt (räumliche Verhältnisse) oder die Verbindungen zu anderen Komponenten der Gesamtanlage passen. Das führt

dazu, dass die Abteilung „Entwicklung und Konstruktion“ mit Gebäudeplänen des Kunden versorgt werden muss (siehe **Abbildung 2-3**) und ggf. auch Bilder der bestehenden Verhältnisse am späteren Aufstellungsort übermittelt werden müssen.

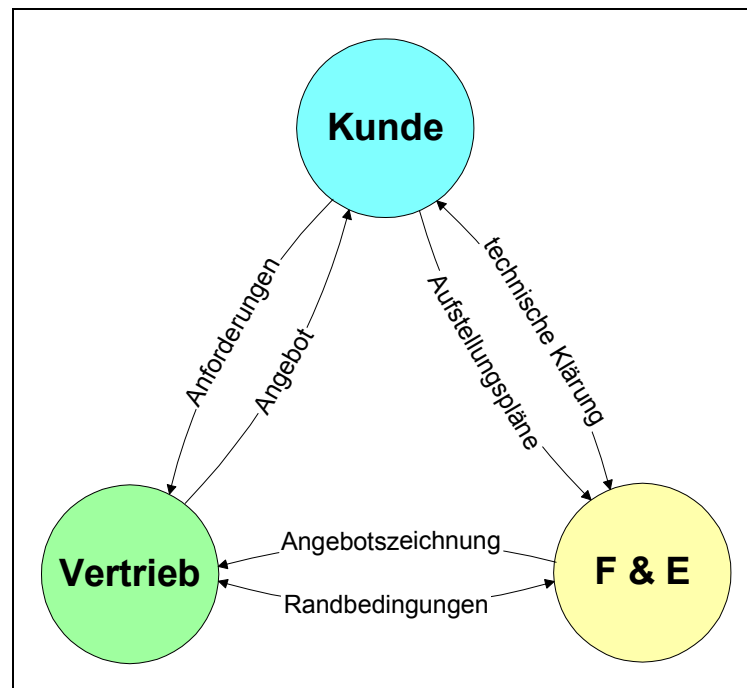


Abbildung 2-3: Informationsfluss im Vertriebsprozess

Die „Konstruktion“ analysiert daraufhin die technischen Randbedingungen und führt eine Machbarkeitsstudie durch. Das Ergebnis ist der Entwurf für eine kundenspezifische Maschine. Um dem Kunden ein besseres Vorstellungsvermögen über den Maschinenentwurf zu geben, wird eine Skizze erstellt, die bereits alle Funktionseinheiten, die räumlichen Gegebenheiten etc. ausweist. Diese Skizze ist Grundlage für die Auftragsvergabe des Kunden. Es ist erkennbar, dass der Aufwand für eine Angebotsabgabe erheblich ist und einen intensiven Austausch von Informationen erfordert, in der Regel basierend auf Papierdokumenten.

2.6.2 Konstruktionsprozess

Für jede technologische Sparte im Referenzunternehmen bestehen eigene Konstruktionsgruppen, die für die Neu- und Weiterentwicklung des spartenspezifischen Produktspektrums verantwortlich sind. Die Mitarbeiter der einzelnen Gruppen sind dadurch tiefgehend mit der für ihren Bereich relevanten Technologie vertraut, sowohl in maschinen-

baulicher Hinsicht als auch in Bezug auf das Grundlagenwissen der verwendeten Verfahrenstechnik. Diese Spezialisierung ist so weitreichend, dass die Mitarbeiter aus einer Gruppe nicht oder nur bedingt in anderen Bereichen eingesetzt werden können.

Der Konstruktionsprozess beginnt mit der Suche nach einer ähnlichen bestehenden Konstruktion, die als Basis für die zu entwickelnde Maschine oder Komponente dienen kann. Da es keine Klassifizierung der bestehenden Einzelteile, Baugruppen oder Maschinen gibt, spielt das Wissen der Konstrukteure in diesem Prozess eine wichtige Rolle. Die Neukonstruktion erhält eine auftragsbezogene Nummer, die ab diesem Zeitpunkt den eindeutigen Identifikator (Master) dieser Maschine für alle weiterführenden Prozesse darstellt. Die Nummer wird vom Konstrukteur im ERP-System angefordert und dort als fortlaufende Nummer generiert. Nur bei der Erzeugung einer „neuen“ Konstruktion durch kleine Änderungen einer bestehenden wird die auftragsbezogene Nummer der Ursprungsmaschine beibehalten und durch einen Revisionsindex gekennzeichnet (siehe Abschnitt 2.6.3). Dieser Vorgang ist jedoch die Ausnahme. Neben der auftragsbezogenen Nummer der Maschine bzw. der Teilenummer von Einzelteilen oder Baugruppen existieren Zeichnungsnummern, die jedoch nicht auf der ERP-Seite gepflegt werden, sondern ausschließlich in der Zeichnungsverwaltung abgelegt sind. Sie werden erzeugt aus der Teilenummer durch Voranstellen einer Ziffer für das Papierformat. Die Teilenummer selbst besteht immer aus einer vierstelligen Ziffernfolge, gefolgt von einer dreistelligen, getrennt durch einen Bindestrich. Die Ziffernfolge „4-4711-123“ ist somit eine Zeichnungsnummer für eine Zeichnung im Format DIN A4, die das Teil „4711-123“ darstellt. Das Format wurde in der Vergangenheit gewählt, um „sprechende“ Zeichnungsnummern zu erzeugen. Heute hat die Aufteilung in vier und drei Ziffernfolgen keine Bedeutung mehr, es ist eine fortlaufende Nummernvergabe, deren Format aus Gründen der Systemkompatibilität beibehalten wurde.

Der Konstruktionsprozess wird in der Regel „Top-Down“ ausgeführt; d. h., der Konstrukteur detailliert den Gesamtentwurf der Maschine schrittweise bis zum Einzelteil aus. Dabei wiederholt sich mit jedem Schritt die Suche nach bestehenden Konstruktionen auf Einzelteil- oder Baugruppenebene. Somit ist die Erfahrung der Konstrukteure und das Wissen um bestehende Konstruktionen in jedem Abschnitt des Konstruktionsprozesses unabdingbar.

Die fehlende Klassifizierung der im Konstruktionsprozess erzeugten Komponenten und der daraus resultierende fehlende Teileverwendungsnachweis sind in dieser Phase der Produktentstehung besonders hinderlich. Die Entscheidung über die Anlage eines neuen Teils, unabhängig davon, ob es sich um ein Teil zur Eigenfertigung oder um ein Zukaufteil handelt, trifft der Konstrukteur in Abstimmung mit der Normenstelle, die im Zuge des Freigabeprozesses die Zeichnungen prüft (siehe Abschnitt 2.6.3). Damit trägt der

Konstrukteur auch maßgeblich die Verantwortung für die späteren Gesamtkosten der Maschine, die zu >70 % [3] in der Konstruktion festgelegt werden.

Der Kostengesichtspunkt ist auch ausschlaggebend dafür, dass in den letzten Jahren der Blechkonstruktion als Teil der Gesamtkonstruktion vermehrt der Vorrang vor der Gusskonstruktion gegeben wird. Vorwiegend bei Ständerwerken von Maschinen und Tragwerken von Anlagen findet diese Technologie Anwendung, was neben konstruktiven Umstellungen auch Änderungen im Fertigungsprozess und in der Verfahrenstechnik mit sich bringt.

Nach der Fertigstellung der Konstruktion trägt der Konstrukteur die Stückliste der Maschine manuell in das ERP-System ein. Hier wird die Stückliste formatiert sowie automatisch in die Zeichnungsverwaltung und damit in die Zeichnung selbst übertragen. Das funktioniert jedoch nur für Konstruktionen, die mit Hilfe der 2D-CAD-Technologie erstellt wurden. Ein vergleichbares Vorgehen ist im 3D-Bereich technisch so nicht möglich. Bei 3D-Konstruktionen erfolgt der Informationsaustausch zwischen CAD- und ERP-System manuell.

2.6.3 Änderungs- und Freigabewesen

Unabhängig davon, ob eine Konstruktion neu erstellt oder geändert wird, durchläuft sie einen Prüf- und Freigabeprozess, bevor die Unterlagen für eine Weiterverwendung in anderen Abteilungen zur Verfügung gestellt werden. Dieser Prozess ist mehrstufig und läuft für Neu- und Änderungskonstruktionen ähnlich ab. Die einzelnen Schritte dieses Prozesses sind für Neukonstruktionen in **Abbildung 2-4** grafisch dargestellt.

Hat der Konstrukteur eine Neukonstruktion fertig gestellt, schickt er diese zur ersten Prüfinstanz. Bei unerfahrenen Mitarbeitern ist diese Instanz der verantwortliche Gruppenleiter oder ein erfahrener Konstruktionskollege. Dieser prüft die Zeichnung und schickt sie, versehen mit einem Prüfvermerk, an die Folgeinstanz, sofern die Prüfung ohne Beanstandungen abgeschlossen wurde. Anderenfalls wird der Prüfvermerk verwehrt, und die Zeichnung kommt zur Überarbeitung zurück zum Konstrukteur. In diesem ersten Schritt wird insbesondere die Vollständigkeit der Zeichnung hinsichtlich Oberflächenzeichen und Form-/Lagetoleranzen, aber auch die Auslegung der Bauteile im Sinne von Festigkeiten etc. überprüft. Bei erfahrenen Konstrukteuren wird die erste Instanz, die so genannte Vorprüfung, umgangen, und die Zeichnung nimmt den Weg direkt in die zweite Prüfinstanz, die Normenstelle.

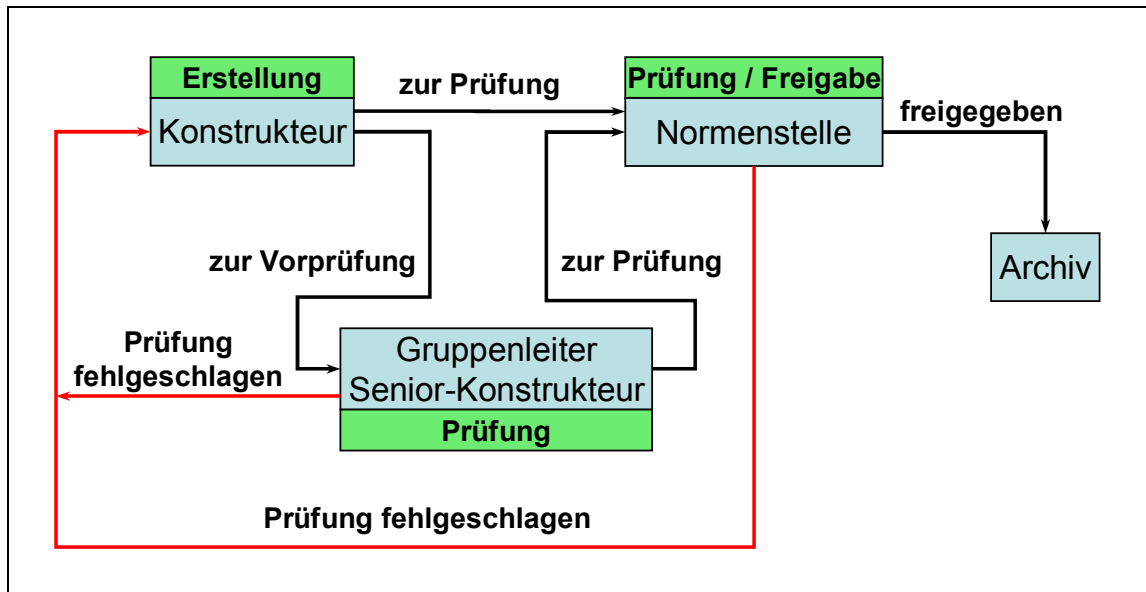


Abbildung 2-4: Prüf- und Freigabeprozess für Neukonstruktionen

Die Normenstelle überwacht die Einhaltung von hausinternen Normen und prüft die Konstruktion bezüglich der Verwendung von bevorzugten Zukaufteilen und Normreihen. Damit stellt die Normenstelle die Instanz dar, die für die Begrenzung der Teilevielfalt verantwortlich ist. Passiert die Konstruktion diese Prüfstufe unbeanstandet, so wird sie freigegeben. Damit bekommt sie den Status „Archiv“, der eine Weiterverwendung in anderen Abteilungen erlaubt, was beispielsweise die Voraussetzung für den Beginn der Fertigung der Teile bedeutet. Erteilt die Normenstelle keine Freigabe für die Zeichnung / Konstruktion, so wird sie zur Überarbeitung an den Konstrukteur zurückgeschickt.

Es fällt auf, dass beim gesamten Prüf- und Freigabeprozess die Fertigung oder Arbeitsvorbereitung nicht involviert ist. Dadurch erfolgt keine Prüfung oder Optimierung der Konstruktion hinsichtlich ihrer Fertigbarkeit, was in späteren Arbeitsschritten zu umfangreichen Nacharbeiten führen kann.

Der Informationsfluss zwischen den Prüfinstanzen erfolgt auf elektronischem Weg. Der Konstrukteur markiert im Zeichnungsverwaltungssystem seine Zeichnung mit dem Status „zur Prüfung“, dies wird der nächsten Prüfinstanz angezeigt, und diese setzt den Zeichnungsstatus nach erfolgter Prüfung auf „geprüft“. Dies wiederum führt zu einer Systemmeldung in der Normenstelle, die ihrerseits nach Prüfung den Status „freigegeben“ vergibt. Die Stati der Zeichnungsprüfung werden auf der Zeichnung selbst durch einen Eintrag mit Datum und Prüfkürzel vermerkt, so dass die Prüfhistorie lückenlos belegt ist.

Auch im ERP-System sind Statusvermerke zu Teilenummern unabdingbar, da aus diesem System die Fertigungssteuerung erfolgt und somit der Status „freigegeben“ für die Fertigungsplanung die Grundlage für den Planungsprozess darstellt. Einträge im ERP-System werden manuell ausgeführt. Diese Aufgabe übernimmt die Normenstelle im Zuge der Zeichnungsfreigabe.

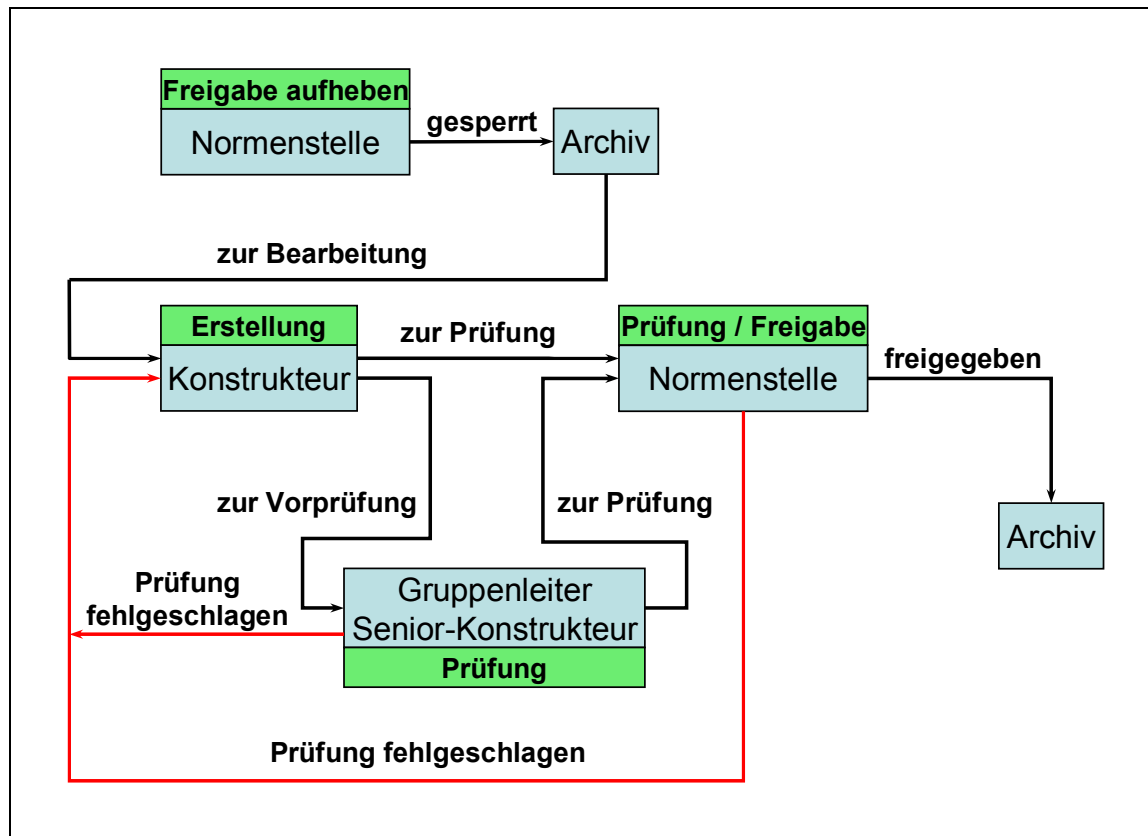


Abbildung 2-5: Prüf- und Freigabeprozess für Änderungskonstruktionen

Bei Änderungen (Revisionen) von bereits freigegebenen Zeichnungen beginnt der Änderungsprozess damit, dass seitens der Konstruktionsabteilung eine Änderungsmitteilung auf einem speziellen Formular erstellt und dieses über einen definierten Verteilerschlüssel den involvierten Abteilungen, z. B. der Normenstelle, per Hauspost zugestellt wird. Die Änderungsmitteilung beschreibt den Änderungsgrund und die durchgeführten Änderungen selbst. Da mit jeder Änderung eines Teils eine neue Änderungsmitteilung erstellt wird, wird über die Gesamtheit dieser Dokumente die Änderungshistorie eines Teils lückenlos beschrieben. Es erfolgt keine weitere Erfassung dieser Informationen z. B. auf ERP-Seite oder einem anderen elektronischen Medium.

Nach der Erstellung der Änderungsmitteilung veranlasst die Normenstelle die Aufhebung der Freigabe für das zu ändernde Teil (vgl. **Abbildung 2-5**). Damit ist sichergestellt, dass andere Abteilungen dieses Teil nicht weiter verwenden. Eine Aufhebung der Freigabe verhindert gleichzeitig einen Zugriff auf die Zeichnung, um diese auszudrucken bzw. zu plotten. Die geänderte Zeichnung erhält einen Änderungsindex in Form einer fortlaufenden Nummer, der sowohl auf der ERP-Seite als auch im ZVS-System und auf der Zeichnung selbst, in einem separaten Feld des Schriftkopfes, manuell eingetragen wird. Der Änderungsindex wird ergänzt um das Änderungsdatum und das Änderungskürzel (Name des Konstrukteurs).

Der nachfolgende Prozess der Prüfung und Freigabe der geänderten Zeichnung ist identisch mit dem einer Neukonstruktion. Ist die geänderte Zeichnung freigegeben, so ist damit automatisch der vorangehende Revisionsstand gelöscht und nur noch die aktuelle Zeichnung verfügbar. Somit ist die Historie eines Teils oder einer Maschine nur über die zugehörige Zeichnung (die ausschließlich den aktuellen Revisionsstand enthält) und die Summe der Änderungsmitteilungen zu dieser Komponente zu ermitteln. Dieser Sachverhalt ist insbesondere dann wichtig, wenn beispielsweise ein Ersatzteil für eine Maschine gefertigt werden muss, das schon vor Jahren konstruiert und zwischenzeitlich mehrfach geändert wurde.

Da Maschinenhersteller im Zuge der Produkthaftung verpflichtet sind, die Historie ihrer Produkte lückenlos zu dokumentieren, und eine Aufbewahrungspflicht aller Dokumente über mindestens 10 Jahre gesetzlich vorgeschrieben ist, kommt der Archivierung von Änderungsmitteilungen eine besondere Bedeutung bei.

2.6.4 Arbeitsvorbereitung und Fertigung

Die Planung der Auslastung von Maschinen in der Fertigung gehört ebenso in die Zuständigkeit der Arbeitsvorbereitung wie die Einteilung des nötigen Personals für den Betrieb der Maschinen. Die wesentliche Aufgabe besteht jedoch darin, die NC-Programme zu erstellen, mit denen die Werkzeugmaschinen bestückt werden, um die Teile zu produzieren, die für den anstehenden Auftrag benötigt werden.

Hierzu werden einerseits dispositive Daten benötigt (Auftragsnummer, Mengen etc.), die aus dem ERP-System bezogen werden, andererseits müssen die für die Fertigung der Einzelteile notwendigen Konstruktionszeichnungen verfügbar sein.

Abhängig davon, in welcher Form die Dokumente aus der Konstruktion vorliegen, sind verschiedene Schritte nötig, um ein Steuerungsprogramm (NC-Programm) für eine Werkzeugmaschine daraus zu generieren. Folgende Möglichkeiten bestehen:

- Daten liegen in Form einer Papierzeichnung vor,
- Daten wurden im 2D-System ME10 erzeugt, oder
- Daten wurden im 3D-System Unigraphics® erzeugt.

Stammen die Daten aus ME10-Zeichnungen, so können sie direkt in das NC-Programmiersystem (siehe Abschnitt 2.4.6) übernommen werden, und durch die Definition von Bearbeitungszyklen etc. kann dann das NC-Programm generiert werden. 3D-Daten aus Unigraphics® müssen erst innerhalb der 3D-Software in eine Ansicht und anschließend in ein Zeichnungsformat überführt werden, um sie anschließend in ein ME10-Format zu konvertieren, das dann wiederum weiterverarbeitet wird wie eine ME10-Zeichnung. Der manuelle Aufwand bei diesen Schritten ist erheblich, da Datenkonvertierungen nicht verlustfrei möglich sind. So sind beispielsweise Konturen, die von 3D nach 2D konvertiert werden, nicht mehr als geschlossene Linienzüge vorhanden, weil die internen Genauigkeiten der beiden CAD-Programme unterschiedlich sind. Der Verfahrensweg einer Werkzeugmaschine erfordert aber eine geschlossene Kontur, die folglich manuell erzeugt werden muss.

Daten, die in Papierformat vorliegen, werden komplett manuell in das NC-Programmiersystem eingegeben, was den größten Aufwand bedeutet. Aus der Summe der Daten erzeugt der Arbeitsvorbereiter einen Arbeitsplan, der dem zuständigen Bediener der Werkzeugmaschine vorgibt, wie die Schritte zur Abarbeitung des Auftrages durchzuführen sind. Das erzeugte Maschinensteuerungsprogramm (NC-Programm) kann der Maschinenbediener direkt von einem DNC²³-Terminal in seine Werkzeugmaschine laden und somit die Bearbeitung des Werkstücks beginnen.

Es kommt häufig vor, dass Änderungen am NC-Programm notwendig werden, wenn das Programm bereits in die Maschine geladen wurde. Dies ist beispielsweise bei einem Werkzeugbruch und der daraus resultierenden Notwendigkeit zum Einsatz eines Ersatzwerkzeuges der Fall. Daher hat der Maschinenbediener die Möglichkeit, diese Änderungen direkt an der Steuerung der Werkzeugmaschine vorzunehmen. Das dadurch geänderte NC-Programm muss protokolliert werden und wird zu diesem Zweck im geänderten Zustand auf den Fertigungsleitrechner zurückgeschickt, um dort, mit einer neuen Revisionsnummer versehen, abgelegt zu werden.

²³ DNC – Direct Numeric Control

Hier wird offensichtlich, dass im Bereich der Arbeitsvorbereitung und Fertigung eine Reihe von produktrelevanten Daten erzeugt werden, bei denen sichergestellt werden muss, dass sie hinsichtlich der Versions- und Revisionsnummer mit den anderen projektrelevanten Daten übereinstimmen.

2.6.5 Einbindung von externen Subunternehmern

Die Einbindung von externen Dienstleistern gewinnt zunehmend an Bedeutung. Sowohl im Konstruktionsprozess als auch für die Fertigung von einzelnen Komponenten wird auf Subunternehmer zurückgegriffen. Diese Entwicklung liegt insbesondere darin begründet, dass dadurch einerseits sehr effizient Auslastungsspitzen abgedeckt werden können, ohne dafür eigenes Personal zu bevorraten, und andererseits Standardaufgaben in der Konstruktion sehr kostengünstig abzuwickeln sind.

Diese Vorgehensweise bringt jedoch eine nicht zu unterschätzende Problematik mit sich, nämlich die Versorgung der Dienstleister mit den richtigen Unterlagen und die Übermittlung der für die Konstruktion notwendigen Konstruktionsvorgaben. Beides geschieht heute auf dem Post- bzw. Faxweg sowie – wenn auf Empfängerseite verfügbar – auch neuerdings per E-Mail²⁴. Der Subunternehmer bekommt beispielsweise einen Auftrag zur Fertigung einer bestimmten Komponente in vorgegebener Stückzahl. Zusammen mit dem Auftrag erhält er die zugehörigen Konstruktionszeichnungen mit allen zur Herstellung relevanten Daten, wie Material, Oberflächenbeschaffenheit etc.

Von dem Versand der Unterlagen bis zu ihrem Eintreffen beim Subunternehmer vergeht eine gewisse Zeitspanne, die vom Postweg und der jeweiligen Niederlassung des externen Unternehmens abhängig ist. Hier sind schnell 2-5 Tage vergangen, wenn der Subunternehmer z. B. im benachbarten Ausland ansässig ist. Rückfragen sind wiederum telefonisch oder per Fax abzuklären, was oftmals zu unterschiedlichen Interpretationen und damit ggf. zu Fehlproduktionen führen kann, wenn beispielsweise die übermittelten Konstruktionszeichnungen versehentlich nicht eindeutig sind. Sollte der Fall eintreten, dass seitens der Konstruktion noch Änderungen an den Komponenten gemacht werden, die bereits zur Fertigung beim Dienstleister vorliegen, beginnt die Kommunikationsprozedur erneut.

Es ist ersichtlich, dass dieser Prozess einen erheblichen Aufwand bedeutet und nicht ohne Risiko hinsichtlich Fehlproduktion, verspäteter Anlieferung und Fehlkonstruktion abgewickelt werden kann.

²⁴ E-Mail – Elektronische Post

2.6.6 Erstellung der technischen Dokumentation

Unter technischer Dokumentation werden im wesentlichen Montageanleitungen und Bedienungshandbücher verstanden. Aber auch Ersatzteillisten und Aufstellungspläne gehören dazu. Die Erstellung der technischen Dokumentation erfordert nahezu alle Unterlagen, die im Laufe der Entwicklung eines speziellen Maschinentyps angefertigt werden (siehe auch Abschnitt 2.4.2). Da sich jedoch nicht alle projektspezifischen Unterlagen zentral finden lassen, ist es für denjenigen, der die Dokumentation erstellt (in der Regel Mitarbeiter der Konstruktion), oft mühsam, sich die entsprechenden Dokumente hausintern zusammenzusuchen.

Liegen die benötigten Dokumente schließlich vor, ergibt sich das Problem, diese in ein Format zu bringen, das von dem Softwaresystem, mit dessen Hilfe die technische Dokumentation generiert wird, weiterverarbeitet werden kann. So müssen beispielsweise Zeichnungen, die aus dem 3D-CAD-System stammen, in ein Format umgewandelt werden, das von „Microsoft® Word“ eingelesen werden kann. Ein solches Format ist beispielsweise PDF²⁵ oder TIFF²⁶. Die Komplexität wird zusätzlich dadurch erhöht, dass bei jeder Änderung an der Maschine die gesamte Dokumentation überarbeitet werden muss. Es ist also sicherzustellen, dass die Revisionsstände aller für die technische Dokumentation verwendeten Unterlagen genau dem Stand entsprechen, der tatsächlich in der Maschine Verwendung findet. Somit sind eine Revisionsverwaltung und ein Änderungs- und Freigabebewesen im Bereich der Dokumentation ebenso notwendig wie im Konstruktionsprozess selbst.

Diese Aufgabe wird heute über das System Piuss-Penta erfüllt, wo in Verbindung mit dem Materialstamm alle zugehörigen Dokumente erfasst und mit einem Revisionsstand versehen werden. Allerdings ist dies ein manueller Prozess, der wegen seines manuellen Charakters die Gefahr in sich birgt, dass die Konsistenz der Revisionsstände verloren geht, z. B. in der Kombination 3D-CAD-System mit dem ERP-System. Somit ist ein hohes Maß an Sorgfalt und manueller Arbeit nötig, um die technische Dokumentation auf dem Stand zu halten, der dem aktuellen Entwicklungsstand der jeweiligen Maschine entspricht.

2.6.7 Auslieferung und Montage

Die komplette Montage der Maschine oder Anlage erfolgt im Werk und dient dazu, den Nachweis der vollen Funktionsfähigkeit zu erbringen. In der Regel geschieht das im Beisein

²⁵ PDF – Portable Document Format (Dateiformat der Fa. Adobe)

²⁶ TIFF – Tagged Image File Format – Rasterdatenformat, z. B. verwendet bei Faxübertragung

des Kunden, dem damit dokumentiert wird, dass seine Maschine/Anlage den geforderten Spezifikationen entspricht. Während der Werksmontage werden eventuelle Konstruktions- und Produktionsfehler aufgedeckt und behoben, was dazu führt, dass der in Abschnitt 2.6.3 beschriebene Änderungsprozess angestoßen wird.

Sind die Testläufe erfolgreich absolviert, und ist die Maschine oder Anlage vom Kunden abgenommen, so erfolgt die Demontage und anschließende Verschiffung zum Kunden. Zu diesem Zeitpunkt muss die gesamte zur Anlage gehörende Dokumentation fertig sein, damit die Monteure vor Ort in der Lage sind, ihre Arbeit zu verrichten. Dies ist jedoch oftmals nicht der Fall, da die Erstellung der technischen Dokumentation sehr langwierig ist (siehe Abschnitt 2.6.6) und erst abgeschlossen werden kann, wenn die letzte Änderung an der Maschine erfolgt ist. Somit kann es vorkommen, dass für die Montage zwingend benötigte Unterlagen nachgeschickt werden müssen, was einen zusätzlichen Aufwand an Kosten und Zeit bedeutet. Treten am Aufstellungsort Umstände ein, die Umrüstarbeiten oder gar konstruktive Änderungen erforderlich machen, so müssen diese Arbeiten mit der „Konstruktion“ bzw. „Fertigung“ im Werk abgestimmt werden.

Beispiele hierfür gibt es viele, so etwa der Umstand, dass nicht berücksichtigt wird, dass am Aufstellungsort andere elektrische Anschlüsse vorgefunden werden, als bei der Entwicklung geplant war. Das hat zur Folge, dass die eingebauten Elektromotore nachträglich getauscht werden müssen. Diese wiederum können andere Einbaumaße haben als die ursprünglich eingebauten, was konstruktive Änderungen an den Halterungen nötig werden lässt. Es entsteht somit ein Zeitverzug für das „*Re-Engineering*“ der Maschine einerseits sowie für den Versand der neuen Komponenten andererseits. Hätte die Montage einen direkten Zugriff auf die überarbeitete Dokumentation, so bestünde die Möglichkeit, sich vor Ort die Teile zu beschaffen bzw. anfertigen zu lassen.

2.7 Handhabung von Konstruktions- und Fertigungsunterlagen

In Abschnitt 2.6 wurde deutlich, dass viele Prozesse im Unternehmen auf der Basis von prozessbegleitenden Dokumenten ablaufen, die im Zuge der Prozessschritte von einer Abteilung zur anderen weitergegeben werden. Als Dokumente sind in diesem Fall ausschließlich papierbasierte Dokumente gemeint, in Form von Zeichnungen, Arbeitsplänen oder Stücklisten, um nur einige zu nennen. Dieser Hinweis ist insofern wichtig, als in späteren Kapiteln der Begriff des Dokuments deutlich weiter gefasst wird. Diese erweiterte Definition findet dann aber nochmals eine explizite Erläuterung.

Aber nicht nur bei fest definierten Unternehmensprozessen, wie beispielsweise einem Auftragsdurchlauf, sind diese Dokumente wichtiger Bestandteil, sondern auch bei einer Vielzahl von einzelnen Aufgabenstellungen, die im Zuge des täglichen Geschäftsbetriebes anfallen. Die nachfolgende Beschreibung einiger dieser Aufgaben macht deutlich, wie wichtig der Zugriff auf diese Dokumente ist und mit welchem Aufwand er gleichzeitig verbunden ist.

2.7.1 Altzeichnungsarchiv

Vor der Einführung der CAD-Technologie wurden die freigegebenen Konstruktionszeichnungen in Form von so genannten „Mutterpausen“ im Zeichnungsarchiv abgelegt. Mutterpausen bestehen aus Transparentpapier, auf den die eigentlichen Konstruktionszeichnungen in Tusche ausgeführt wurden. Wurde nun eine Zeichnung gebraucht, so bekam eine Person aus der Abteilung Normenstelle den Auftrag, diese Zeichnung aus dem Archiv zu holen, auf einer Pausmaschine zu vervielfältigen und mittels der internen Post an den Anfordernden zu versenden. Aus Platzgründen wurde später dazu übergegangen, den Zeichnungsbestand nicht mehr in Papierform zu archivieren, sondern auf Filmkarten zu übertragen. Die Filmkarten, auch „Microfiches“ genannt, haben den Vorteil, die Information einer komplexen DIN-A0-Zeichnung auf dem Format eines normalen Schmalfilmbildes unterzubringen. Der Aufwand, der betrieben werden musste, um die Zeichnungen abzufotografieren, war jedoch immens, so dass nicht alle Altbestände verfilmt wurden, sondern lediglich die Zeichnungen von Maschinen, die ein bestimmtes Erstellungsdatum nicht überschritten.

Ein weiteres Problem der Verfilmung lag darin, dass der eigentliche Verfilmungsvorgang außer Haus geschah, bei einem dafür beauftragten Dienstleister. Wurden während der Zeit der Verfilmung hausintern Kopien von Zeichnungen benötigt, die gerade beim Dienstleister waren, so konnten diese nicht erstellt werden, was zu Behinderungen des Arbeitsablaufes führte. Auch darin ist neben den wirtschaftlichen Gesichtspunkten die Ursache zu sehen, warum nur ein Teil der Zeichnungen verfilmt wurde. An dem prinzipiellen Prozess der Zeichnungsvervielfältigung hat sich allerdings auch durch den Einsatz der Verfilmungstechnologie nichts geändert. Lediglich die Pausmaschine wurde durch einen optischen Rückvergrößerer ersetzt, der an einen Großformatplotter²⁷ angeschlossen ist, um die Rückvergrößerung zu Papier zu bringen.

²⁷ Plotter – „Drucker“ zur Ausgabe großformatiger Dokumente

Seit der Einführung von CAD-Technologie werden Konstruktionszeichnungen nicht mehr verfilmt, die Altbestände werden jedoch auch heute noch genau so gehandhabt. Da diese Technologie veraltet ist und auch die notwendigen Geräte nicht mehr herstellerseitig gewartet werden, muss für diese Aufgabenstellung kurzfristig eine neue Lösung gefunden werden.

Die Verwaltung der Zeichnungen in Papier- oder Filmformat basiert auf der chronologischen Ablage nach Zeichnungsnummern. Bei der Verfilmung wurde die eigentliche Filmkarte in das Sichtfenster einer Lochkarte geklebt und dann die eigentliche Lochkarte chronologisch archiviert. Das hat den Vorteil, dass auf der Lochkarte die Zeichnungsnummer und andere Informationen aus dem Schriftkopf der Zeichnung in Form eines Lochmuster-codes, auch „Hollerithcode“ genannt, gestanzt werden konnten. Damit sind die Lochkarten maschinenlesbar. Die Übertragung dieser Informationen wurde bei der Verfilmung manuell bewerkstelligt, was das Verfahren zusätzlich verteuert hat.

Trotz der raumsparenden Lochkartentechnik ist das Auffinden von Altzeichnungen außerordentlich mühsam, da die einzig verfügbare Referenz die Zeichnungsnummer ist. Der Suchende muss somit wissen, unter welchem Nummernkreis er eine Zeichnung zu einem bestimmten Projekt findet, wozu in der Regel nur die Personen in der Lage sind, die konstruktiv am Projekt beteiligt waren oder anderweitig mit ihm in Berührung kamen, z. B. Mitarbeiter der Fertigung. Das ist auch der Grund dafür, dass die Zeichnungssuche meist durch Mitarbeiter aus den Konstruktionsabteilungen bewerkstelligt wird, obwohl rein sachlich diese Aufgabe auch problemlos durch angelernte Hilfskräfte erledigt werden könnte.

2.7.2 Zeichnungs- und Dokumentenbestände in der Fertigung

Die für die Fertigung relevanten Informationen sind einerseits im ERP-System vorhanden (Stücklisten, Arbeitspläne), andererseits werden sie über den internen Postweg bezogen (Zeichnungen). So werden beispielsweise nach der konstruktiven Fertigstellung eines Auftrages durch die Konstruktionsabteilung die Fertigungszeichnungen geplottet und per Hauspost zur Arbeitsvorbereitung geschickt. Da die AV²⁸ zu diesem Zeitpunkt bereits weiß, dass ein Auftrag ansteht, und dessen ungefähren Umfang kennt, wird oftmals schon jetzt mit der Produktion von z. B. Standardkomponenten begonnen. Da jedoch die auftragsbezogenen Zeichnungen noch nicht vorliegen, wird auf Basis von früheren, noch aus Altaufträgen in der Fertigung gelagerten Zeichnungen gefertigt. Somit kommt es häufig zu

²⁸ AV – Arbeitsvorbereitung

Fehlproduktionen, da die Altzeichnungen nicht den benötigten Revisionsstand der einzelnen Komponenten repräsentieren. Das gleiche Ergebnis liefert die Verwendung von NC-Programmen, die in der Steuerung der Werkzeugmaschinen gespeichert sind und anstelle des neu zu erstellenden Programms Verwendung finden. Der vermeintliche Zeitgewinn wird durch die entstehende Fehlproduktion zunichte gemacht.

2.8 Zusammenfassung der Defizite

Die bei der Untersuchung der Arbeitsabläufe und der Analyse einzelner Arbeitsschritte gewonnenen Erkenntnisse decken die Defizite in den Abteilungen und Prozessen auf. Ein Konzept zur Steigerung der Effizienz im Gesamtunternehmen, wie es im Zuge dieser Arbeit entwickelt wird, muss gewährleisten, dass erkannte Defizite abgestellt bzw. deren Ursachen behoben werden.

Die gefundenen Defizite lassen sich in vier Gruppen untergliedern:

- (1) Unzulänglichkeiten aufgrund von Softwareinkompatibilitäten (Insellösungen)
- (2) Defizite aufgrund fehlender Verwaltungswerkzeuge
- (3) Fehleranfälligkeit durch manuelle Arbeitsschritte
- (4) Defizite durch nicht optimale Unternehmensprozesse

In der **Abbildung 2-6** sind die gravierenden Defizite zusammengefasst, die im Zuge der Untersuchungen herausgearbeitet wurden. Wenn sie auch keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt, so zeigt die Tabelle doch deutlich, dass die Ursachen der Unzulänglichkeiten in der Regel vielschichtig sind und nicht in einem einzelnen Punkt begründet liegen. Daraus ist zu schließen, dass die zur Behebung der Defizite zu ergreifenden Maßnahmen keine punktuellen Einzelschritte sein können, sondern vielmehr als Gesamtkonzept verstanden und umgesetzt werden müssen.

Defizite	Ursache
<i>Keine Integration zwischen CAD <> FEM <> CAM</i>	(1), (4)
<i>Manueller Austausch der Stückliste zwischen CAD <> ERP</i>	(1), (3)
<i>Keine Prüfung der Fertigbarkeit im Prüf- und Freigabeprozess</i>	(4)
<i>Keine Revisionsstände von Zeichnungen archiviert</i>	(2), (4)
<i>Revisionseintragungen in ZVS und ERP erfolgen manuell</i>	(1), (2), (3), (4)
<i>Prüf- und Freigabestatus in ERP manuell gepflegt</i>	(1), (3), (4)
<i>Mitarbeiter nicht bereichsübergreifend einsetzbar</i>	(2), (4)
<i>Wissen um Produkte und Prozesse nur in den Köpfen der Mitarbeiter vorhanden</i>	(2)
<i>Pflege der technischen Dokumentation nur manuell möglich</i>	(1), (2), (3), (4)
<i>Zugriff auf Produktdaten nur aus Konstruktion möglich</i>	(2)
<i>Zeitverzug und Qualitätsprobleme bei der Einbindung externer Dienstleister</i>	(2), (3), (4)
<i>Dateninkonsistenzen bei Revisionsständen von Zeichnungen und NC-Programmen</i>	(2), (4)
<i>Manuelle Nacharbeit an der Zeichnung nötig, um daraus ein NC-Programm generieren zu können</i>	(1)

Abbildung 2-6: Tabellarische Aufstellung der Defizite in Abteilungen und Prozessen

3 Forderungen zur Umsetzung neuer Prozess- und Informationstechnologien

Aus der Analyse der Prozessabläufe und der Untersuchung der Arbeitsweisen in den unterschiedlichen Standorten und Abteilungen einerseits sowie der Bewertung der bestehenden IT-Infrastruktur andererseits lassen sich Forderungen formulieren, deren Erfüllung die Basis für eine deutliche Steigerung der Produktivität und Qualität im gesamten Unternehmen legt. Dabei zielen diese Forderungen nicht ausschließlich in Richtung der eingesetzten Informationstechnologie, sondern orientieren sich vor allem an den Unternehmensprozessen, die nicht optimal aufeinander abgestimmt sind oder gänzlich fehlen und dadurch die erreichbare Effizienz vermissen lassen.

Die Forderungen lassen sich in drei Kategorien einteilen:

Anforderungen an die

- allgemeine Informationstechnik,
- Optimierung bestehender Prozesse und
- Einführung neuer Prozesse.

3.1 Allgemeine Forderungen

Vereinheitlichung der Benutzeroberflächen

Die Tätigkeitsbereiche in produzierenden Unternehmen sind heute, von wenigen Ausnahmen abgesehen, geprägt durch die Nutzung der Computertechnologie. Dabei werden die Anforderungen an die Anwender bezüglich der Beherrschung unterschiedlichster Programme permanent höher. So muss beispielsweise ein Konstrukteur in der Lage sein, sein Konstruktionswerkzeug, also etwa das 2D- und/oder 3D-CAD-System, zu bedienen; aber auch die Textverarbeitungssoftware und Programme für die Festigkeitsberechnung von Bauteilen gehören zu seinem täglichen Handwerkszeug. Diese Programme sind heute alle unterschiedlich zu handhaben. Sie verwenden diverse Eingabegeräte (Tastatur, Mouse, 3D-Eingabesysteme) und konfrontieren den Anwender mit jeweils verschiedenen Benutzeroberflächen.

Dieser Umstand ist vor allem dann hinderlich, wenn mit den Systemen nicht täglich gearbeitet wird und somit kein schlafwandlerisch sicherer Umgang mit der Software erfolgt. Der Anwender braucht daher bei jeder Systemnutzung eine gewisse Zeit für die neuerliche

Eingewöhnung in die Handhabung der Programme. Dies kann vermieden werden, wenn dafür gesorgt wird, dass alle eingesetzten Systeme eine gleichartige und standardisierte Benutzeroberfläche verwenden. Als Marktstandard hat sich hier die „Windows®-Benutzeroberfläche“ von Microsoft® etabliert (siehe **Abbildung 3-1**). Alle im Unternehmen verwendeten Systeme sollten, wenn möglich, diesem Standard folgen und ggf. hierauf umgestellt werden. Für neu anzuschaffende Programme ist die Verfügbarkeit dieses Standards ein Schlüsselkriterium bei der Auswahl.

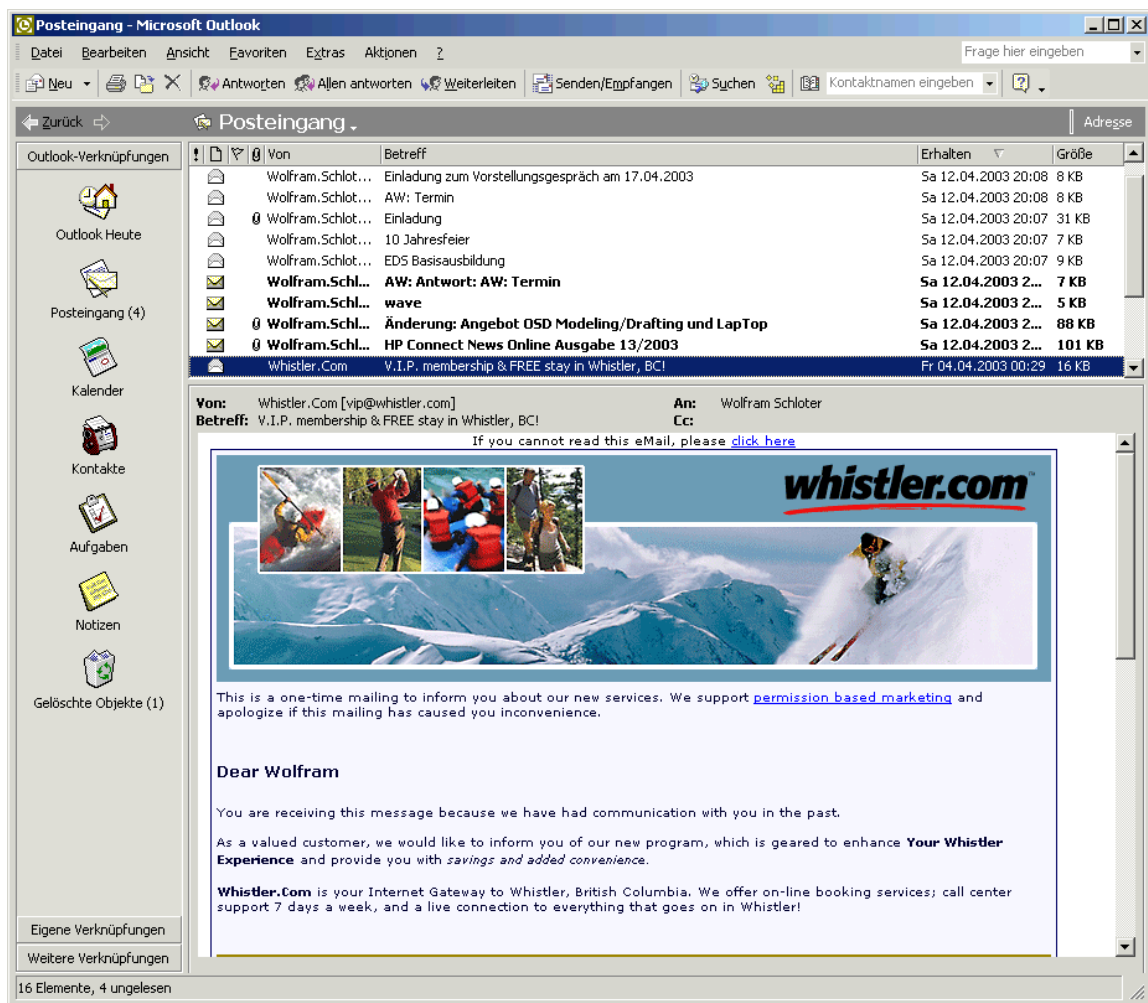


Abbildung 3-1: Microsoft® Outlook Benutzeroberfläche

Vereinheitlichung der eingesetzten Softwaresysteme

Zur Ausstattung eines jeden Arbeitsplatzes im Büro und Außendienst gehört heute ein Personalcomputer. Dieser muss so ausgestattet sein, dass die vom Anwender genutzten Programme auf diesem PC lauffähig sind. Des Weiteren ist sicherzustellen, dass diese Programme auch tatsächlich auf diesem Arbeitsplatz verfügbar sind, um zu vermeiden,

dass der Mitarbeiter viel Zeit dafür aufwenden muss, einen freien Arbeitsplatz zu finden, an dem er eine spezifische Aufgabe bearbeiten kann.

Viele Aufgaben im Unternehmen werden dadurch erschwert, dass die verwendeten Systeme nicht kompatibel zueinander sind. Ergebnisse aus System A können nicht, oder nur mit erheblichem Aufwand, im nachfolgenden System B weiterverwendet werden. Oftmals entstehen hierdurch Medienbrüche beim Systemwechsel (siehe **Abbildung 3-2**), die eine potentielle Gefahr für das Einschleichen von Fehlern darstellen, ausgelöst durch manuelle Datenübernahmen.

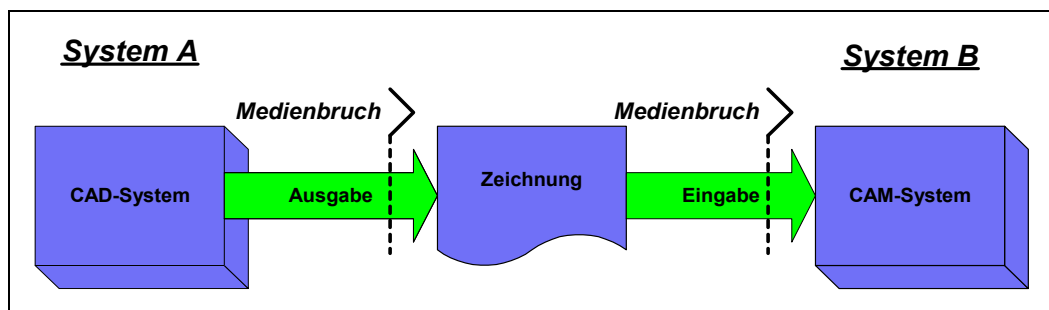


Abbildung 3-2: Medienbrüche in der Prozesskette

Daher liegt eine hohe Priorität in der Eliminierung von Arbeitsschritten, die auf Inkompatibilitäten der Systeme zurückzuführen sind. Voraussetzung hierfür ist die Abschaffung dieser Inkompatibilitäten durch eine Homogenisierung der Systemlandschaft. Diese Forderung wird dadurch untermauert, dass eine Vereinheitlichung und damit Reduzierung der Vielfalt der Systeme mit einer erheblichen Reduktion der notwendigen Systemverwaltung (Wartung) einhergeht, woraus sich zwangsläufig eine Kostenreduzierung ergibt.

Einheitliche Betriebssystemumgebung

Was für die Anwendungssoftware gilt, kann ebenso auf die eingesetzten Betriebssysteme übertragen werden. Auch hier ist eine Fokussierung auf ein einheitliches, unternehmensweites System für die Arbeitsplatzcomputer sinnvoll. Auch wenn der Anwender selbst hieraus keinen signifikanten Nutzen zieht, so ist im Hinblick auf Maintenanceaufwendungen (Kosten für Softwarewartung und Systempflege) und Kompatibilitäten der IT-Infrastruktur eine solche Vereinheitlichung erstrebenswert.

3.2 Zugriff auf produkt- und projektspezifische Informationen

Die Suche nach Informationen und speziell nach Dokumenten nimmt für viele Mitarbeiter in den unterschiedlichsten Abteilungen einen erheblichen Teil ihrer Arbeitszeit in Anspruch (vgl. 2.6). Unabhängige Untersuchungen besagen, dass allein im Bereich der Konstruktion bis zu 40 % der täglichen Arbeitszeit auf diese Aufgaben entfallen. Hieraus resultiert die Forderung nach einer zentralen Zugriffsmöglichkeit auf alle Arten von Informationen, die im Unternehmen anfallen bzw. gebraucht werden. Dabei ist es unerheblich, ob der Informationssuchende die Informationen direkt in seiner Abteilung sucht oder sich womöglich am Montageort der Maschine Tausende Kilometer entfernt vom Stammwerk befindet.

Der Zugriff muss stets auf die gleiche und einfache Art und Weise erfolgen können. Hierbei darf es auch keine Rolle spielen, ob der Benutzer zufällig mit dem System arbeitet oder vertraut ist, mit dessen Hilfe die Information erstellt wurde. So muss beispielsweise eine Zeichnung, die über das Softwaresystem ME10 erzeugt wurde, auch dann auffindbar und nutzbar sein, wenn der Suchende nicht über einen ME10-Arbeitsplatz verfügt. Oder eine Skizze, die ein Kunde per Fax geschickt hat, muss auch dann vom Vertrieb zugreifbar sein, wenn der Mitarbeiter nicht in der Lage ist, den Ordner zu finden, in dem das Fax abgeheftet wurde.

Selbstverständlich unterliegt der Zugriff auf alle Informationen und Dokumente einem definierten Rechteschlüssel, der die Daten vor unerlaubtem Zugriff schützt. Es ist zu gewährleisten, dass nur diejenigen Personen Zugriffsrechte haben, die dazu autorisiert sind. Dies gilt insbesondere für den Status der Information. Dokumente, die für die Fertigung freigegeben sind, können vom Vertrieb verwendet werden, um diese etwa in Angebote einfließen zu lassen. Oder die Abteilung „Qualitätssicherung“ kann anhand dieser Zeichnungen die Wareneingangskontrolle durchführen. Ist ein Teil aber noch in der Entwicklung oder unterliegt es gerade einer Änderung, und die Freigabe für das Teil wurde somit aufgehoben, so ist die Nutzung der zugeordneten Dokumente nicht ohne weiteres möglich. Der Zugriff darauf darf dann beispielsweise für den Vertrieb nicht möglich sein. Der Status des Dokuments ist somit ein Kriterium für die Zugriffsrechte.

Des Weiteren besteht die Anforderung, Suchalgorithmen zur Verfügung zu stellen, die es erlauben, die Suche nach beliebigen Kriterien einzugrenzen. So muss z. B. die Beauskunftung über alle zu einem bestimmten Projekt gehörenden Dokumente möglich sein, oder aufgrund einer Anfrage nach allen Zeichnungen zu einem bestimmten Versionsstand eines Maschinentyps muss sich eine eindeutige und vollständige Zeichnungsliste erzeugen lassen. Der unternehmensweite Zugriff auf Informationen muss also

- unabhängig von einer speziellen Ausstattung des Arbeitsplatzes,
- unabhängig vom Standort des Benutzers,
- unabhängig vom Dokumententyp,
- zugriffsgesteuert, abhängig von Rechten des Benutzers, und
- eingrenzbar über Suchkriterien

erfolgen können.

3.3 Dokumentenausgabe „On Demand“

Papierdokumente und speziell ausgedruckte Zeichnungen sind die hauptsächlichen Informationsträger bei den derzeit aufgesetzten Unternehmensprozessen. Somit kommt der Ausgabe dieser Dokumente auch eine besondere Bedeutung bei. Hierbei werden an den Ausdruck oder an die Plotausgabe von Dokumenten die gleichen Anforderungen gestellt, wie sie auch für den Zugriff auf diese Dokumente gelten (siehe 3.2), mit der Ausnahme der Unabhängigkeit vom Dokumententyp.

Da die Ausgabe abhängig ist von den zur Verfügung stehenden Ausgabegeräten und damit Ausgabemedien, wie z. B. Papierformaten, ist die Ausgabemöglichkeit auch vom Dokumententyp abhängig. Zeichnungen im Zeichnungsformat DIN-A0 können nun einmal nur auf Großformatplottern ausgegeben werden, die dieses Papierformat verarbeiten können, sofern eine Ausgabe in dieser Größe benötigt wird. Das ist aber nicht in allen Fällen erforderlich. Oftmals ist es ausreichend, ein DIN-A0-Format verkleinert auf einem DIN-A3-Papier zu drucken, beispielsweise wenn die Zeichnung nur zu Kontrollzwecken in der „Qualitätssicherung“ benötigt wird und die Zeichnungsinformationen auch auf dem verkleinerten Dokument noch zweifelsfrei zu erkennen sind.

Damit stellt sich die Anforderung der Ausgabe auf ein bestimmtes Ausgabegerät, unabhängig davon, in welchem Format die angeforderten Dokumente vorliegen. Technisch stellt diese Anforderung insofern eine besondere Schwierigkeit dar, als die Softwaresysteme, mit denen bestimmte Dokumente erzeugt werden, in der Regel gewisse Einschränkungen hinsichtlich der möglichen erzeugbaren Dateiformate vorgeben. Diese Dateiformate müssen von den Ausgabegeräten, wie z. B. Plotter oder Drucker, verstanden werden, so dass oftmals Dateikonvertierungen notwendig werden, um kompatible Formate zu erhalten. Die Nutzung dieser Möglichkeiten und damit die volle Ausschöpfung des Optimierungspotenzials hängt maßgeblich von der Akzeptanz durch den Benutzer ab. Diese ist dann

gewährleistet, wenn neben den geforderten Funktionalitäten auch der Aspekt der Ausgabe-geschwindigkeit berücksichtigt wird.

Wird beispielsweise ein für die Fertigung dringend benötigter Zeichnungsplot erst über Nacht erstellt, weil die Verfügbarkeit des Plotters nicht sofort gegeben ist, so wird der Benutzer für seine aktuelle Aufgabenstellung ggf. keinen Nutzen mehr darin sehen, diesen Plot überhaupt noch anzufordern. Er kann somit seiner Aufgabenstellung nicht mehr zeitgerecht nachkommen oder muss andere Möglichkeiten finden, in den Besitz der benötigten Zeichnung zu kommen. Hier besteht wiederum die Gefahr der Vorgehensweise wie unter 2.7.2 beschrieben, nämlich der Nutzung von alten und somit ggf. nicht mehr aktuellen Zeichnungen aus dem Bestand der „Fertigung“ mit allen Konsequenzen (Fehlproduktion, Ausschussproduktion, Zeitverzug etc.), die diese Vorgehensweise mit sich bringt.

Es ist also sicherzustellen, dass eine Ausgabe der Dokumente ohne Zeitverzug unmittelbar nach der Anforderung („On Demand“) erfolgt. Dies gilt für Einzeldokumente als auch für Dokumentensätze, wenn beispielsweise die Abteilung „Qualitätssicherung“ alle Zeichnungen zu einem bestimmten Projekt angefordert hat.

3.4 Standardisierung der Produktentwicklung

Die Analyse der Konstruktionsprozesse verdeutlicht (vgl. 2.6.2), dass die Konstruktion einer kundenspezifischen Maschine nicht gleichzusetzen ist mit dem Umstand, dass diese Maschinen ganzheitliche Neuentwicklungen darstellen. Vielmehr werden Einzelteile, Baugruppen und ganze Funktionseinheiten aus bereits bestehenden Konstruktionen verwendet, sofern diese Komponenten bekannt sind und gefunden werden. Gerade die Wiederverwendung bestehender Komponenten stellt einen immensen Zeit- und Qualitäts-gewinn dar, da diese Teile ihre Funktionalität und Haltbarkeit bereits in der Praxis unter Beweis gestellt haben sowie alle für die Fertigung dieser Teile notwendigen Informationen vorliegen und nicht mehr aufwendig erarbeitet werden müssen. Diese Vorgehensweise ist nicht nur wünschenswert im Hinblick auf zeitliche und qualitative Vorteile, sondern stellt eine unabdingbare Notwendigkeit dar, die die Effektivität der Produktentwicklung erheblich steigert. Dieser Sachverhalt resultiert in der Anforderung, den Produktentwicklungsprozess derart zu gestalten, dass die Konstruktion von Maschinen und Anlagen vorwiegend durch die Verwendung von „standardisierten“ Einzelteilen und Baugruppen erfolgt. Hierbei muss durch den Einsatz von geeigneten Werkzeugen die Möglichkeit gegeben sein, eine Recherche darüber durchzuführen, ob eine benötigte Funktionseinheit bereits schon einmal entwickelt wurde, oder eine ähnliche Einheit vorliegt, die durch geringen Änderungsaufwand

den geforderten Funktionsumfang erfüllt. Eine solche Änderung erzeugt dann eine Variante des Ursprungsteils und ist als solche zu kennzeichnen.

Die Qualität der Rechercheergebnisse und die Handhabbarkeit der Recherchewerkzeuge sind entscheidend dafür, ob diese vom Benutzer angenommen und damit auch eingesetzt werden. Je exakter ein Einzelteil oder eine Baugruppe mit Suchkriterien klassifiziert wird, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit des Auffindens bei Ähnlichteilsuchen. Allerdings darf diese Klassifizierung nicht mit einem hohen zeitlichen Aufwand verbunden sein, da sonst dieser Aufwand nicht konsequent betrieben wird. Ebenso ist darauf zu achten, dass Recherchen nur wenig Zeit in Anspruch nehmen, da dies die Akzeptanz bei den Anwendern entscheidend beeinflusst.

Werden alle Konstruktionselemente auf diese Art und Weise gehandhabt, entsteht ein Pool von Teilen und Baugruppen, die festen und somit „standardisierten“ Bedingungen genügen, die durch organisatorische Maßnahmen oder den Einsatz von entsprechenden Verwaltungswerkzeugen im Vorfeld definierbar sind. Die konsequente Umsetzung dieser Vorgehensweise ist wiederum die Basis für die Erarbeitung von Lösungen der weitergehenden und nachfolgend aufgeführten Anforderungen.

3.4.1 Reduzierung der Teilevielfalt

Mangelnde Möglichkeiten der Suche nach bestehenden oder ähnlichen Lösungen für eine spezifische konstruktive Aufgabenstellung führen dazu, dass Teile neu erzeugt werden, obwohl sie ggf. schon mehrfach in gleicher oder ähnlicher Ausprägung vorhanden sind. Dies wiederum hat eine starke Vergrößerung des zu verwaltenden Teilestammes zur Folge, was mit erheblichen Kosten verbunden ist. Jeder Eintrag im Teilestamm bedeutet einen erhöhten Verwaltungsaufwand, da für jedes Teil eine Vielzahl von Dokumenten erstellt (Zeichnungen, NC-Programme etc.) und gepflegt werden muss sowie eine Bevorratung (Lagerhaltung) nötig ist etc.

Daher ist die Reduzierung der Teilevielfalt auf ein Minimum eine Forderung, die in produzierenden Betrieben eine erhebliche Rolle spielt. Die Standardisierung der Produktentwicklung ist hierfür eine notwendige, aber nicht hinreichende Maßnahme.

Auch die Vorgabe an die „Konstruktion“ für zu verwendende Norm- oder Zukaufteile ist in diesem Zusammenhang ein wichtiger Aspekt. Wenn z. B. in einer Baugruppe Schrauben eingesetzt werden sollen, die eine Gewindelänge von 15 mm haben, aber dieser Schraubentyp nicht zu den Normteilen gehört, die bevorzugt im Unternehmen eingesetzt werden, muss der Konstrukteur hierauf einen Hinweis bekommen. Er kann dann entscheiden, ob ein

anderer Schraubentyp, der unter die Kategorie der Werksnormteile fällt und diese Aufgabe genauso erfüllt, eingesetzt wird oder ob die gewählte Schraube für diesen speziellen Einsatzzweck unabdingbar ist und damit eine Rechtfertigung für die Anlage eines neuen Teilestamms gegeben ist.

3.4.2 Konfigurationsmanagement

Die Konfiguration einer Maschine oder Anlage erfordert tiefes technisches Wissen und Verständnis in Bezug auf die einzelnen Funktionseinheiten und deren Zusammenspiel. Dieses Wissen ist nur in wenigen Abteilungen vorhanden (Entwicklung, Konstruktion und Montage), wird aber auch in vielen Abteilungen benötigt, die nicht der Technik zuzurechnen sind (z. B. Vertrieb, Dokumentation und Qualitätssicherung). Die Aufbereitung dieses Wissens in eine Form, die einen Zugriff auch von technischen Laien erlaubt, ist daher eine wesentliche Forderung.

Das Wissen muss hierzu systematisch in einem dazu geeigneten System gesammelt und verknüpft werden. Dabei ist die „Intelligenz“ des Systems, also dessen Lernfähigkeit, von besonderer Bedeutung, da sichergestellt werden muss, dass auch Sachverhalte abbildbar sind, die sich im Laufe des Lebenszyklus einer Maschine / Komponente ändern. Oder dass beispielsweise geometrische Änderungen an Komponenten dazu führen, dass Folgesysteme nicht mehr verwendbar sind, ohne auch an ihnen Änderungen vorzunehmen. Das System muss folglich in der Lage sein, logische Verknüpfungen abzubilden und auszuwerten.

Ein solches Werkzeug gibt beispielsweise dem „Vertrieb“ die Möglichkeit, eine Anlage nur durch Eingabe einiger Kenngrößen und funktioneller Vorgaben zusammenzustellen. Das System kann daraus die Konfiguration der Anlage ermitteln und gleichzeitig eine Plausibilitätskontrolle der eingestellten Randbedingungen vornehmen. Werden für die Konfiguration der Anlage nur Komponenten verwendet, die als Standardkomponenten im System hinterlegt sind, so muss das System in der Lage sein, auch eine Ansicht der Anlage zu generieren, die dem potenziellen Kunden einen visuellen Eindruck vom späteren Installationszustand gibt.

Des Weiteren wird durch eine geeignete Verbindung zu den kommerziellen Daten der Komponenten (Preise und Verfügbarkeit) eine Möglichkeit geschaffen, aus einer automatisch erstellten Konfiguration einen überschlägigen Preis und die voraussichtliche Lieferzeit zu kalkulieren. Vor allem der „Vertrieb“ wird somit durch die Schaffung eines Werkzeuges für das Konfigurationsmanagement maßgeblich entlastet.

3.4.3 Automatische Erstellung der Dokumentation

Der Prozess der Standardisierung der Produktentwicklung bietet auch die Grundlage dafür, die Forderung nach einer Automatisierung der Erstellung von technischer Dokumentation zu realisieren. Zu jeder Funktionseinheit, die standardisiert verfügbar ist, muss dann eine Funktionsbeschreibung, Bedienungsanleitung etc. existieren, die in Assoziation mit der Funktionseinheit selbst verwaltet wird. Ein nachgeschaltetes System muss nun in der Lage sein, diese einzelnen Dokumente zu einer Gesamtdokumentation zusammenzustellen. Diese ist dann lediglich um die Teile zu ergänzen, die konstruktiv nicht auf standardisierten Elementen basieren.

3.5 Unterstützung der Prozesse (Workflow)

In Abschnitt 2.6 wurde deutlich, dass die unternehmensspezifischen Prozessabläufe von entscheidender Bedeutung für die Produktivität des Gesamtunternehmens sind. Demzufolge gilt diesen Abläufen auch ein besonderes Augenmerk, wenn es darum geht, Ansatzpunkte zur Steigerung der Effizienz im Unternehmen zu finden und Methoden zu entwickeln, diese Ansatzpunkte in eine höhere Produktivität umzusetzen. Hieraus resultiert die Anforderung, nicht nur die Prozesse selbst auf ihre Effizienz hin zu durchleuchten, sondern auch Werkzeuge einzusetzen, die sicherstellen, dass Prozesse formal richtig aufgesetzt sind und deren Abarbeitung in einer überwachten Art und Weise erfolgt.

Die Dokumentation der Abläufe über ein geeignetes System und die Protokollierung der einzelnen Prozessschritte bildet dabei die Grundlage für einen gesicherten Betriebsablauf, bei dem evtl. auftretende Störungen sofort erkannt werden und die Ursachenbeseitigung damit schnell erfolgen kann. Dieser Sachverhalt soll an einem Beispiel verdeutlicht werden:

Eine Einzelteilkonstruktion wird vom Konstrukteur zur Prüfung an seinen Vorgesetzten gegeben, der nach erfolgter Prüfung die entsprechende Zeichnung an die Freigabeinstanz weiterleitet. Die „Fertigung“ wartet auf die freigegebene Zeichnung, um mit der Produktion zu beginnen. Da diese zum vereinbarten Termin nicht vorliegt, fragt die „Fertigung“ beim Konstrukteur nach, der jedoch nur die Aussage treffen kann, wann er die Konstruktion zur Prüfung weitergeleitet hat. Somit wird die Recherche nach dem Status der Zeichnung und der Instanz, in der gerade der Prozess stockt, zu einer zeitaufwendigen Aufgabe.

Wird berücksichtigt, dass an einer Konstruktion nicht nur ein Konstrukteur, sondern ein ganzes Projektteam arbeitet und dass die für eine Freigabe notwendigen Schritte durchaus

mehrstufig sein können, so wird deutlich, dass die Stati eines Prozessdurchlaufes sehr komplex werden und bei manueller Vorgehensweise die Übersicht über den aktuellen Prozessstand sehr schnell verloren gehen kann.

An diesem recht trivialen Beispiel wird sichtbar, wie wichtig die Kontrolle der Prozesse im Unternehmen ist, insbesondere dann, wenn, wie im vorliegenden Fall, die einzelnen Arbeitsschritte in der Produktentwicklung nicht sequenziell, sondern über „Concurrent-Engineering“ abgewickelt werden. Sind Abläufe über dafür ausgelegte Systeme abbildbar und steuerbar, kann jeder am Prozess Beteiligte dessen Status direkt einsehen und ggf. Maßnahmen ergreifen, um den weiteren Ablauf ohne Zeitverzug sicherzustellen. Diese Vorgehensweise garantiert, dass alle notwendigen Informationen zum richtigen Zeitpunkt am richtigen Ort vorliegen.

3.6 Papierlose Fertigung

Die Verwendung von Zeichnungsplots in der Fertigung stellt im Zuge der Produktentwicklung einen Medienbruch dar. Alle für die Fertigung relevanten Informationen werden von der geplotteten Zeichnung abgelesen und größtenteils manuell in die Fertigungssoftware übertragen. Gleichzeitig stammen jedoch alle auf der Zeichnung stehenden Informationen aus einem CAD-System. Das wirft die Frage auf, warum dann der Zwischenschritt der Zeichnungsausgabe überhaupt nötig ist und ob nicht eine direkte Verbindung zwischen der CAD-Konstruktion und der CAM-Fertigung geschaffen werden kann [4].

Eine solche Verbindung stellt sicher, dass Fehler eliminiert werden, die sich durch die manuelle Übertragung von Informationen einschleichen können, und der Aufwand für die Übergabe von Informationen auf ein Minimum reduziert wird. Des Weiteren eröffnet sich mit der Kopplung der Systeme die Möglichkeit, die auf Seiten der Fertigung durchgeführten produktionsrelevanten Änderungen am Bauteil in die Konstruktion zurückzuführen. Somit verringert eine „papierlose Fertigung“ signifikant die Fehlerrate der Produktion bei gleichzeitiger Senkung der Durchlaufzeiten in diesem Bereich.

3.7 Fazit

Die Zusammenfassung der gestellten Anforderungen (siehe **Abbildung 3-3**) verdeutlicht, dass deren Realisierung im Einzelnen nicht sinnvoll ist, sondern vielmehr als Gesamtkonzept betrachtet werden muss. Neben einer kompletten Überarbeitung der IT-Infrastruktur ist die Neueinführung von Softwarewerkzeugen für die Bereiche Datenverwaltung und Workflowmanagement vorzusehen. Daneben bedarf auch die CAD/CAM-Installation einer strukturellen Änderung.

Nach Umsetzung dieser Maßnahmen ist die Basis geschaffen für eine Überarbeitung und Anpassung der firmenweiten Prozessabläufe sowie für die Etablierung neuer Verfahren und Methoden in der Produktentwicklung. Vor der Entwicklung eines neuen Gesamtkonzeptes gilt es jedoch, die einzusetzenden Softwarewerkzeuge auszuwählen.

Anforderung	Ursache	Lösungsansatz
Vereinheitlichung der Benutzeroberflächen	IT-Infrastruktur	Restrukturierung
Homogenisierung der Softwaresysteme	IT-Infrastruktur	Restrukturierung
Vereinheitlichung der Betriebssystemumgebung	IT-Infrastruktur	Restrukturierung
Informationssuche und -zugriff	Datenverwaltung	Datenverwaltungssystem
Dokumentenausgabe	Datenverwaltung	Datenverwaltungssystem Workflowmanagement
Standardisierung der Produktentwicklung	Neuer Prozess	Daten- und Workflowmanagement CAD-Funktionalität
Reduzierung der Teilevielfalt	Neuer Prozess	Daten- und Workflowmanagement CAD-Funktionalität
Konfigurationsmanagement	Neuer Prozess	Datenmanagement und CAD-Funktionalität
Automatisierung der technischen Dokumentation	Neuer Prozess	Daten- und Workflowmanagement CAD-Funktionalität
Prozessunterstützung	Neuer Prozess	Workflowmanagement
Papierlose Fertigung	Neuer Prozess	Datenmanagement und CAD/CAM-Funktionalität

Abbildung 3-3: Anforderungen und Lösungsansätze zur Beseitigung von Defiziten

4 Analyse der geeigneten Softwarekomponenten für ein IT-Gesamtkonzept

Bei der Untersuchung und Auswahl der in Frage kommenden Softwarewerkzeuge gilt es neben den technischen Anforderungen auch die wirtschaftliche Seite und die Verfügbarkeit der Software zu beachten. Unter Berücksichtigung dieser Kriterien ist der Verwendung von Standardprogrammen der Vorzug zu geben gegenüber der Alternative einer Neuentwicklung von geeigneter Software.

Die Wartung, Pflege und Weiterentwicklung von Softwarewerkzeugen bestimmen in maßgeblicher Weise die Gesamtkosten und damit die Rentabilität einer Investition in diese Produkte. Die Softwarehersteller verlangen für diese Leistungen pro Jahr zwischen 12 % und 18 % des Softwarewarepreises, die in Form von Wartungsverträgen erhoben werden. Bei Sonder-/Eigenentwicklungen sind diese Kosten jedoch im Vorfeld nicht kalkulierbar. Vor allem der Umstand trägt zu der Unkalkulierbarkeit der Gesamtkosten maßgeblich bei, dass jede Art von Programmänderung oder -anpassung bei Sonderprogrammierungen einen erheblichen Aufwand für die Softwaretests (Qualitätssicherung) mit sich bringt. Der Zeitaufwand und damit der Kostenblock für die Softwareentwicklung steigt exponentiell mit der Funktionalität der Software.

Daher lässt sich auch die Entwicklungszeit für die Software oft nur schwer abschätzen, was für die Einhaltung des Projektplans des Gesamtprojekts erhebliche Risiken mit sich bringt. Unvorhersehbare Entwicklungszeiträume bedeuten gleichzeitig unvorhersehbare Kosten und somit einen weiteren Sachverhalt, der die Kalkulation des Gesamtprojekts hinsichtlich Kosten und Zeit erschwert bzw. gänzlich verhindert. Sonderprogrammierungen lassen sich aber dort nicht verhindern, wo eine spezielle Funktionalität gefordert ist, diese aber von Standardprodukten nicht erbracht wird. Wie später gezeigt wird, ist auch im vorliegenden Projekt die Entwicklung einzelner Programme unabdingbar, um Teile der geforderten Funktionalität abzudecken.

Prinzipiell muss aber vor der Entscheidung zu einer Sonderprogrammierung untersucht werden, ob die fehlende Funktionalität so wichtig ist, dass sich hierfür der Aufwand für eine Neuentwicklung wirklich lohnt. In den nachfolgenden Kapiteln werden die marktgängigen Lösungsansätze daraufhin untersucht, wie sie die unter Abschnitt 3.7 zusammengefassten Forderungen erfüllen, um danach eine Auswahl zu treffen, welche Systeme für die Realisierung des Gesamtkonzeptes zum Einsatz kommen.

4.1 CAD/CAM-Systeme

In den Abschnitten 2.4.3 und 2.4.6 wurde beschrieben, dass im Referenzunternehmen der Einsatz von CAD- und CAM-Technologien erst vor ca. 2 Jahren überdacht und restrukturiert wurde. Die Umstellung auf das neue System „*Unigraphics*®“ ist in beiden Bereichen noch nicht abgeschlossen, die Einführung erfolgt jedoch reibungslos.

Es wird daher nicht weiter untersucht, ob die gestellten Anforderungen durch die Wahl eines anderen CAD/CAM-Systems besser abzudecken wären. Die seinerzeit getroffene Auswahl wird nicht in Frage gestellt, da einerseits das getätigte hohe Investment in „*Unigraphics*®“ noch nicht amortisiert ist, und andererseits die damalige Auswahl zu einem marktbeherrschenden System geführt hat, das durch seinen hohen Verbreitungsgrad im Sondermaschinenbau schon vielfach unter Beweis gestellt hat, dass es den Aufgabenstellungen in dieser Branche gerecht wird.

In der Erarbeitung des Gesamtkonzeptes (siehe Kapitel 6) wird jedoch untersucht, ob durch modulare Erweiterungen der CAD/CAM-Systeme oder speziell zu entwickelnde Software-routinen die ggf. auftretenden funktionalen Defizite behoben werden können.

4.2 Zeichnungsverwaltungssysteme

Zeichnungsverwaltungslösungen entstanden Mitte der 80er Jahre im Zuge der flächen-deckenden 2D-CAD-Einführung in der Maschinenbauindustrie. Die Konzepte für ZVS²⁹-Systeme richteten sich dementsprechend an den Anforderungen des damaligen technologischen Standes aus. Die Notwendigkeit für den Einsatz dieser Lösungen resultierte aus dem Zuwachs an Daten mit steigender Nutzung der CAD-Technologie und der damit verbundenen Schwierigkeit des Wiederfindens bereits erstellter Zeichnungen.

Neben der Zeichnungssuche bieten ZVS-Systeme eine begrenzte Funktionalität für die Klassifizierung von Zeichnungen und die Dokumentation des Änderungsdienstes. Dies wird erreicht, indem die Schriftkopfinformationen (Stammdaten) aus der Zeichnung parallel zu der Zeichnung selbst in einer separaten Textdatei gehalten werden. **Abbildung 4-1** zeigt diesen Zusammenhang anhand eines Beispiels mit dem CAD-System „*ME10*“.

Über diese Textdateien kann dann mit einfachen Textsuchfunktionen eine Beauskunftung erfolgen, ohne die Zeichnungsdatei selbst durchsuchen zu müssen. Gleichzeitig wird über

²⁹ ZVS – Zeichnungsverwaltungssystem

einfache manuelle Editierung der Textinformation der Versionsstand und Änderungsindex gepflegt. Durch geeignete Schnittstellen zu den gekoppelten CAD-Systemen wird sichergestellt, dass die Informationen aus der Textdatei in dem Schriftkopf der Zeichnung aktualisiert werden.

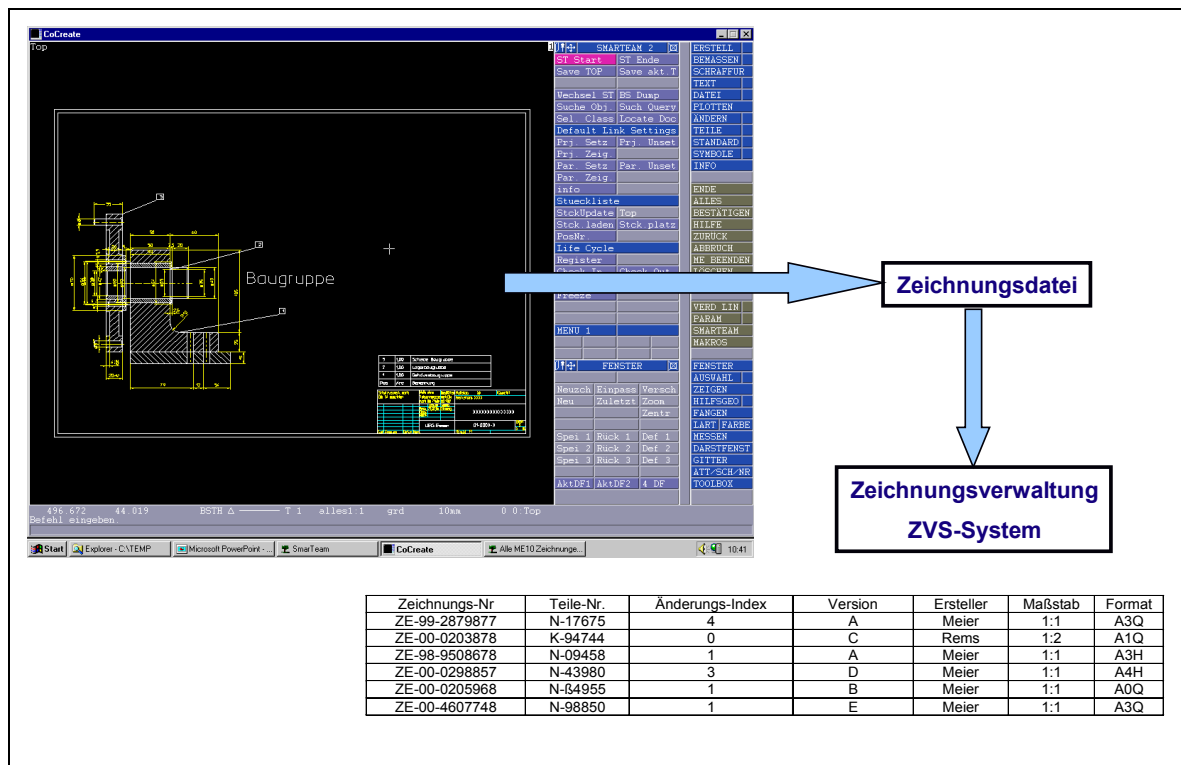


Abbildung 4-1: Funktionsweise von ZVS-Systemen

Die Datenhaltung erfolgt bei Zeichnungsverwaltungslösungen im Dateisystem des Arbeitsplatzrechners oder, bei vernetzten Umgebungen, im Dateisystem des Servers. Hier werden sowohl die Zeichnungsdateien selbst abgelegt als auch die Datei in der die Stammdaten – also die Zeichnungskopfinformationen – gehalten werden. Mit steigender Anzahl von Zeichnungen wächst das Stammdatenfile kontinuierlich an. Die Folge sind steigende Zeiten bei der Suche nach Zeichnungssätzen.

Ein gravierender Nachteil von ZVS-Systemen liegt darin begründet, dass zu jeder Zeichnung nur genau ein Stammdatensatz zuordenbar ist und umgekehrt. Man spricht in diesem Fall von einer 1:1-Beziehung. Es ist also nicht möglich, eine Zeichnung mehreren Stammdatensätzen zuzuordnen oder ein Stammdatensatz auf mehrere Zeichnungen zu referenzieren. Diese Funktionalität ist jedoch unabdingbar, wenn beispielsweise ein Versionshandling betrieben werden soll, ohne mehrfach redundante Zeichnungen abzulegen.

Wird zum Beispiel ein Einzelteil konstruiert, das aus St37 gefertigt werden soll, so kann das gleiche Teil in einer anderen Baugruppe zum Einsatz kommen, hier jedoch aus einem anderen Werkstoff. Beide Teile sind zeichnerisch identisch, bekommen jedoch zwei unterschiedliche Stammdateneinträge mit jeweils der gleichen zugehörigen Zeichnung. Das Datenvolumen wird somit verdoppelt, obwohl lediglich der Eintrag des Werkstoffes unterschiedlich ist.

Darüber hinaus wurden ZVS-Systeme in der Regel für die Verwendung mit einer bestimmten 2D-CAD-Software entwickelt. Nur Daten aus diesem CAD-System können mit der ZVS verwaltet werden. Andere Formate sind nicht handelbar. Diese Einschränkungen schließen ein ZVS-System als Basis für die Datenverwaltung im vorliegenden Fall aus.

4.3 Datenbanksysteme

Unter einer Datenbank wird ganz allgemein eine Sammlung von Datenbeständen verstanden. Bezogen auf die Computertechnologie, muss der Begriff der Datenbank jedoch enger gefasst werden, um die spezifischen Eigenschaften dieser Technologie zu erläutern. In dieser Terminologie ist eine Datenbank der integrierte Bestand an persistenten³⁰ Daten, bestehend aus den eigentlichen Nutzerdaten und Beschreibungsdaten, die die logischen und physikalischen Datenstrukturen selbst beschreiben.

Ein Datenbanksystem ist ein Softwaresystem, das für in einem Anwendungsbereich laufende Prozesse die separate, dauerhafte, sichere und effiziente Verwaltung großer Datenbestände übernimmt und diese anforderungsgerecht bereitstellt. Es besteht aus der Datenbank selbst und einem so genannten Datenbankmanagementsystem, ebenfalls ein Softwaresystem, das, gestützt auf die Dienste des Betriebssystems, die Funktionalität des DBS³¹ gewährleistet.

Datenbanksysteme sind seit Mitte der 60er Jahre bekannt und haben sich im Laufe der Zeit technologisch stark weiterentwickelt. Den Beginn dieser Evolution bildeten die hierarchisch aufgebauten Datenbanksysteme, die sich über die Netzwerk-DBS und relationale DBS zu den heute im Entwicklungsstadium befindlichen objektorientierten DBS weiterentwickelten. Den weitaus größten Anteil der im industriellen Einsatz befindlichen DBS stellen die relationalen DBS dar. Bei diesem Datenbanktyp werden alle Informationen in Tabellen gehalten, und die logischen Verbindungen der Informationen untereinander werden durch die Angabe von Relationen zwischen den Tabellen definiert. **Abbildung 4-2** zeigt ein Beispiel für eine

³⁰ Persistent – dauerhaft

³¹ DBS – Datenbanksystem

Datenbanktabelle auf Basis des Datenbanksystems Microsoft® Access, einschließlich der Bezeichnungen der Datenbankfelder.

Bekannte und weit verbreitete DBS sind Oracle, Informix und Microsoft® Access. Sie bilden die Grundlage für eine Vielzahl von datenbankbasierenden Applikationen, wie Buchungs-, Steuerungs- oder ERP-Systeme, um nur einige wenige Beispiele zu nennen.

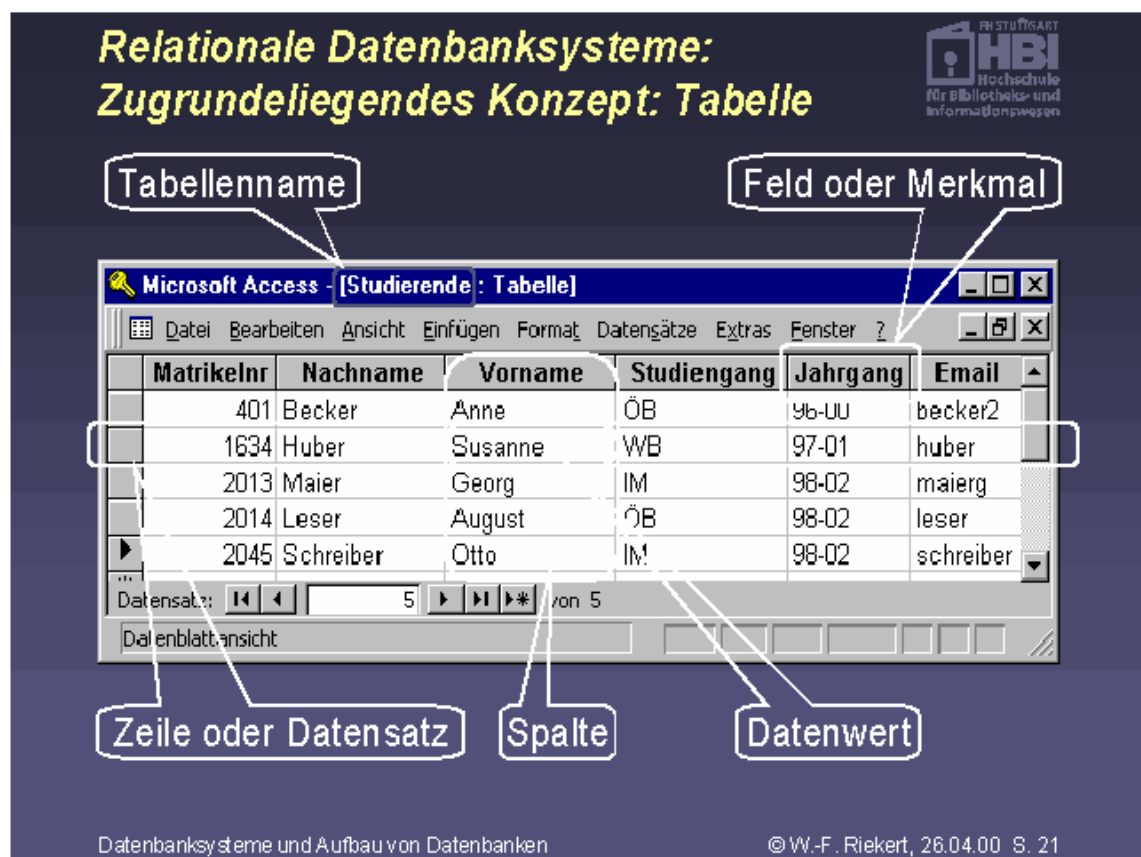


Abbildung 4-2: Datenbanktabelle auf Basis Microsoft® Access [5]

Relationale Datenbanksysteme besitzen wesentliche Eigenschaften, die sie gegenüber herkömmlicher, dateibasierender Datenverwaltung oder auch anderen Datenbanktypen abheben:

Mehrbenutzerfähigkeit

Der störungsfreie Zugriff auf Daten durch mehrere gleichzeitige Prozesse bzw. Nutzer, auch netzwerkübergreifend, wird durch so genannte Transaktionskonzepte gewährleistet.

Konsistenzerhaltung

Auch bei Systemabstürzen sorgt das Datenbanksystem für die Konsistenz der Daten. Dadurch ist der ordnungsgemäße Neustart des Systems ohne Datenverlust möglich. Auch undefinierte Zustände für zum Zeitpunkt des Absturzes in Bearbeitung befindliche Daten werden vermieden.

Datenunabhängigkeit

Die Verwaltung der Daten erfolgt sowohl im logischen als auch im physikalischen Sinn unabhängig von der Notation der Nutzeranforderungen. Somit muss sich der Datenbanknutzer nicht damit auseinandersetzen, wie seine Daten organisiert werden, wo sie physikalisch abgelegt werden und wie die Zugriffe auf diese Daten erfolgen. Selbst um Datenstrukturen, Verknüpfungen oder die Integrität der Daten muss sich der Nutzer keine Gedanken machen. Diese Aufgaben übernimmt die Datenbank implizit.

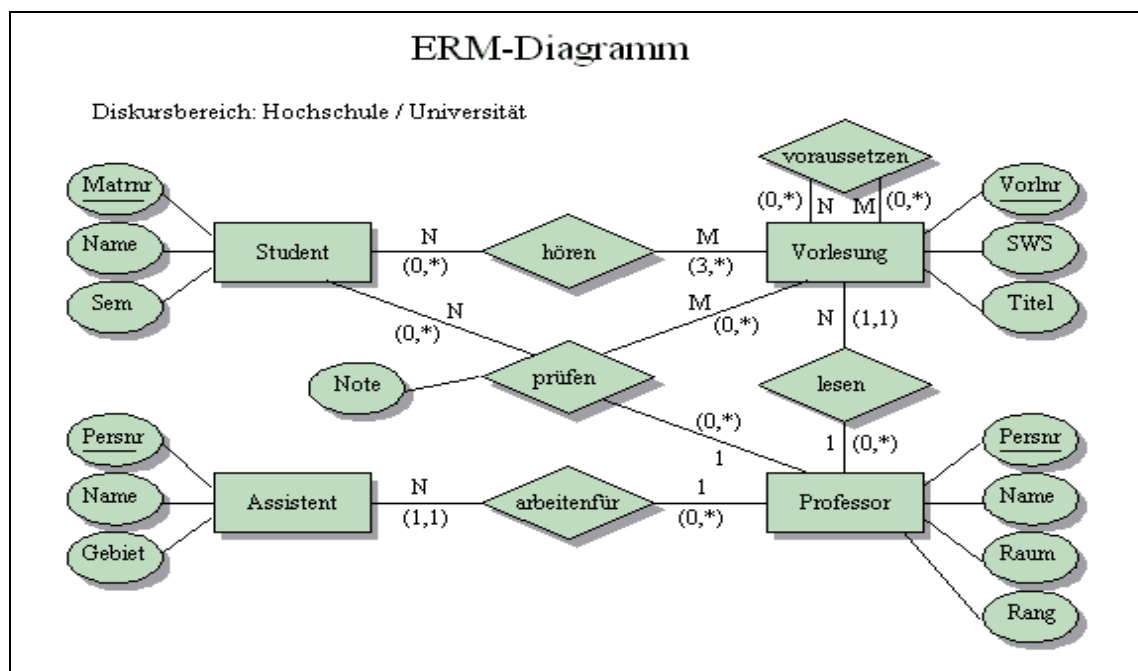


Abbildung 4-3: ERM-Diagramm einer relationalen Datenbank [6]

Das bedeutet gleichzeitig, dass die von der Datenbank verwaltbaren Datenformate nicht eingeschränkt sind. Es kann somit theoretisch eine beliebige Anzahl unterschiedlicher Datenformate gleichzeitig in einer Datenbank gehalten werden.

Die „Datenbanklogik“, also die Beziehungen der Daten zueinander innerhalb der Datenbank, wird in einem Datenbankschema festgelegt. Dieses beinhaltet auch alle Strukturen, Operationen und Integritätsbedingungen, die für die Repräsentation der zu verwaltenden Daten relevant sind. Mit Hilfe eines ERM³²-Diagramms lässt sich das Datenbankschema grafisch darstellen und entwickeln.

Die **Abbildung 4-3** zeigt ein solches Schema für eine Beispielanwendung, in diesem Fall der Diskursbereich³³ Hochschule/Universität. Des Weiteren wird an diesem Beispiel gezeigt, dass relationale Datenbanksysteme (RDBS³⁴) beliebige Beziehungseigenschaften abbilden können: 1:1-Beziehungen, 1:n-Beziehungen oder m:n-Beziehungen (vgl. Abschnitt 4.2). In **Abbildung 4-4** sind Ausschnitte der zu dem ERM-Schema gehörenden Datenbanktabellen zu sehen, die letztlich die Inhalte der im ERM-Schema aufgeführten Items definieren.

Vorlesung:			
Vorhr	Titel	SWS	Leser
5001	Grundzüge	4	2137
5041	Ethik	4	2125
5043	Erkenntnistheorie	3	2126
5049	Mäeutik	2	2125
4052	Logik	4	2125
5052	Wissenschaftstheorie	3	2126
5216	Bioethik	2	2126
5259	Der Wiener Kreis	2	2133
5022	Glaube und Wissen	2	2134
4630	Die 3 Kritiken	4	2137

voraussetzen:	
Vorgänger	Nachfolger
5001	5041
5001	5043
5001	5049
5041	5216
5043	5052
5041	5052
5052	5259

hören:	
Matnr	Vorhr
26120	5001
27550	5001
27550	4052
28106	5041
28106	5052
28106	5216
28106	5259
29120	5001
29120	5041
29120	5049
29555	5022
25403	5022
29555	5001

prüfen:			
Matnr	Vorhr	Persnr	Note
28106	5001	2126	1
25403	5041	2125	2
27550	4630	2137	2

Abbildung 4-4: Datenbanktabellen zum ERM-Schema aus Abbildung 4-3 [6]

³² ERM – Entity Relationship Model

³³ Diskursbereich – Ausschnitt der Realität, der für ein bestimmtes Datenbanksystem relevant ist

³⁴ RDBS – Relationales Datenbanksystem

Für die Definition und Modifikation von Datenbanken sowie die Beschreibung von Datenbankabfragen verfügt ein DBS über eine spezielle Programmiersprache, die SQL³⁵ genannt wird. SQL ist ein Standard, der sich im Laufe der Jahre entwickelt hat und von den führenden Datenbank Anbietern, teils mit firmenspezifischen Erweiterungen, eingesetzt wird. Über SQL werden auch die Import- und Exportschnittstellen bedient, die die Verbindung zu den datenerzeugenden Systemen bilden. Ein RDBS ist somit nicht integraler Bestandteil einer datenerzeugenden Applikation, wie es bei ZVS-Systemen häufig der Fall ist, sondern eine eigenständige Applikation, die über Schnittstellen mit anderen Applikationen kommuniziert.

Das relationale Datenbanksystem erfüllt damit wesentliche der unter 3.7 gestellten Anforderungen, allerdings nur unter der Maßgabe, dass ein erheblicher Aufwand betrieben wird für die Erstellung des spezifischen Datenbankschemas und die Einbindung der datenerzeugenden Applikationen.

4.4 PDM/PLM-Systeme

Alle Schritte des Produktentstehungsprozesses werden heute computerunterstützt durch den Einsatz von Softwarewerkzeugen abgearbeitet. Die in jedem Prozessschritt entstehenden Daten sind für den jeweils nachfolgenden Prozessschritt notwendig, müssen somit entlang der Prozesskette weitergereicht werden [7]. Die Haltung dieser Daten erfolgt häufig dort, wo die sie erzeugende Software installiert ist. Dieser Sachverhalt wird systembezogene Datenhaltung genannt (vgl. **Abbildung 4-5**). Sie hat den Nachteil, dass die Weitergabe der Daten organisiert werden muss und der Versionsabgleich der Daten in den einzelnen Bearbeitungsschritten nur schwer zu erreichen ist. Daher ist eine zentrale Verwaltung von prozessorientierten Informationen günstiger.

³⁵ SQL – Structured Query Language

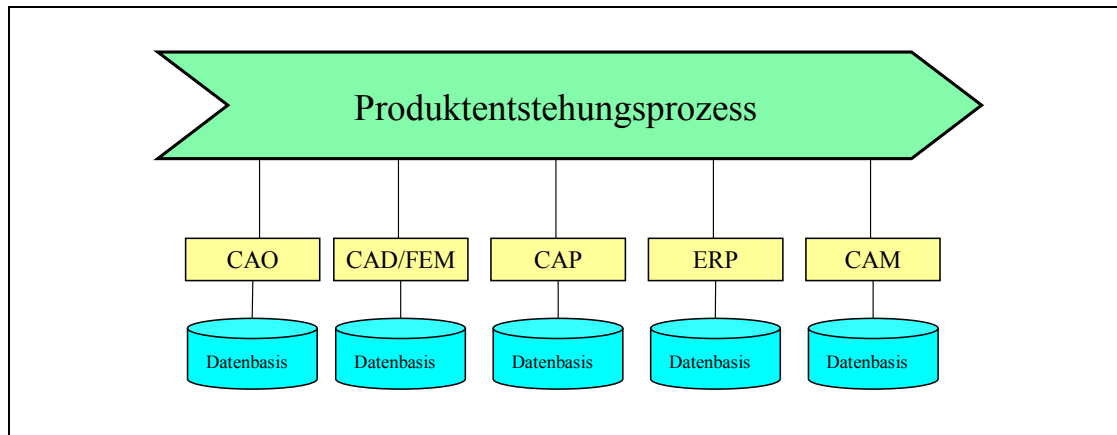


Abbildung 4-5: Systembezogene Datenhaltung [8]

Die Notwendigkeit der konsolidierten Datenhaltung entlang des Produktentstehungsprozesses wurde von den Softwareherstellern schon frühzeitig erkannt. Mit zunehmender Akzeptanz von 3D-CAD-Technologie im Entwicklungsprozess und dem damit massiv steigenden zu verwaltenden Datenvolumen verstärkte sich auch der Bedarf nach entsprechenden Lösungen. Sowohl die CAD/CAM-Anbieter als auch die führenden ERP-Softwarehersteller reagierten auf die gewachsenen Anforderungen und entwickelten eigene Verwaltungsprogramme bzw. dedizierte Module für ihre bestehenden Applikationen, um diesem Trend Rechnung zu tragen. Der Bedarf für derartige Systeme ist so groß, dass sich auch neue Unternehmen dieses Markts annehmen und hierauf ihre Unternehmensausrichtung und -philosophie stützen. Das Ergebnis all dieser Entwicklungen sind Softwaresysteme, die sich mit der Produktdatenverwaltung befassen. Zu Beginn dieser Entwicklungen wurde der Schwerpunkt der Ausrichtung auf die Daten gelegt, die im Bereich des Produktengineerings erzeugt werden, also Zeichnungen, Berechnungsergebnisse etc. Hieraus entstand der heute nur noch selten gebrauchte Begriff des „*Engineering Data Management*“ (EDM³⁶). In den letzten Jahren haben sich allerdings die Begriffe PDM³⁷ und PLM im Sprachgebrauch etabliert, die den Sachverhalt der Produktdatenverwaltung bzw. der Verwaltung von Produktdaten entlang des Produktlebenszyklus besser beschreiben.

³⁶ EDM – Engineering Data Management

³⁷ PDM – Product Data Management

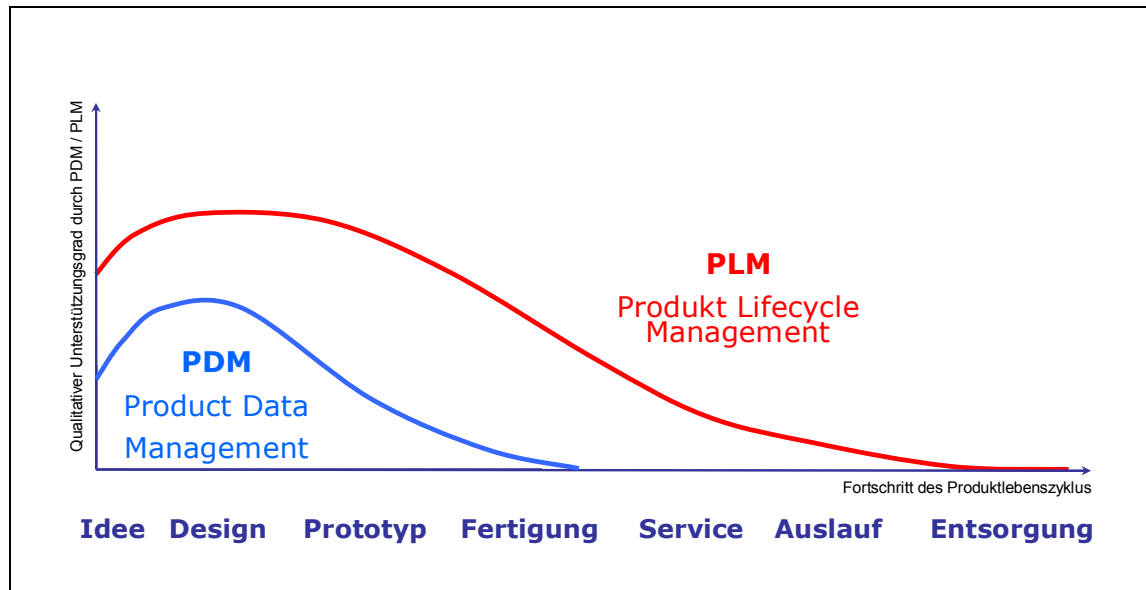


Abbildung 4-6: Abgrenzung PDM- zu PLM-Technologie

Die Abgrenzung der Einsatzbereiche beider Technologien zeigt die **Abbildung 4-6**. Durch das stetig steigende Umweltbewusstsein in der Gesellschaft und die damit verstärkte Beachtung der Umweltverträglichkeit von Materialien wird heute bereits im Konstruktions- und Entwicklungsprozess die Recyclingfähigkeit von Produkten berücksichtigt [9]. Demzufolge ist auch die Verwaltung der produktspezifischen Daten bis über deren Lebenszyklus hinaus von Bedeutung. Somit stellt PLM eine Übermenge von PDM dar, daher wird im Folgenden nur noch von PLM gesprochen und impliziert damit auch die reine PDM-Funktionalität.

Die Bedeutung der PLM-Technologie für die produzierende Wirtschaft wird auch dadurch zum Ausdruck gebracht, dass der „Verein Deutscher Ingenieure“ im November 2002 die Richtlinie VDI 2219 [10],[11] erließ, die die Einführung und Wirtschaftlichkeit von EDM/PDM-Systemen zum Inhalt hat.

Allen PLM-Systemen gemein ist der Anspruch auf Erfüllung aller Anforderungen an ein technisches Informationssystem, ähnlich den kommerziellen Informationssystemen, die auf der kaufmännischen Seite in Form von ERP-Lösungen existieren. Allerdings werden die heute verfügbaren PLM-Lösungen diesem Anspruch nur bedingt gerecht. Bereichsübergreifende Datenverwaltung (vgl. **Abbildung 4-7**) ist heute realisiert. Daten aus der Konstruktion und Fertigung (CAD/CAM) sind problemlos mit Hilfe der PLM-Technologie verwaltbar, ebenso wie aus anderen computerunterstützten Anwendungsbereichen, beispielsweise der Qualitätssicherung (CAQ), dem Softwareengineering (CASE) sowie der Planung und Organisation (CAP und CAO).

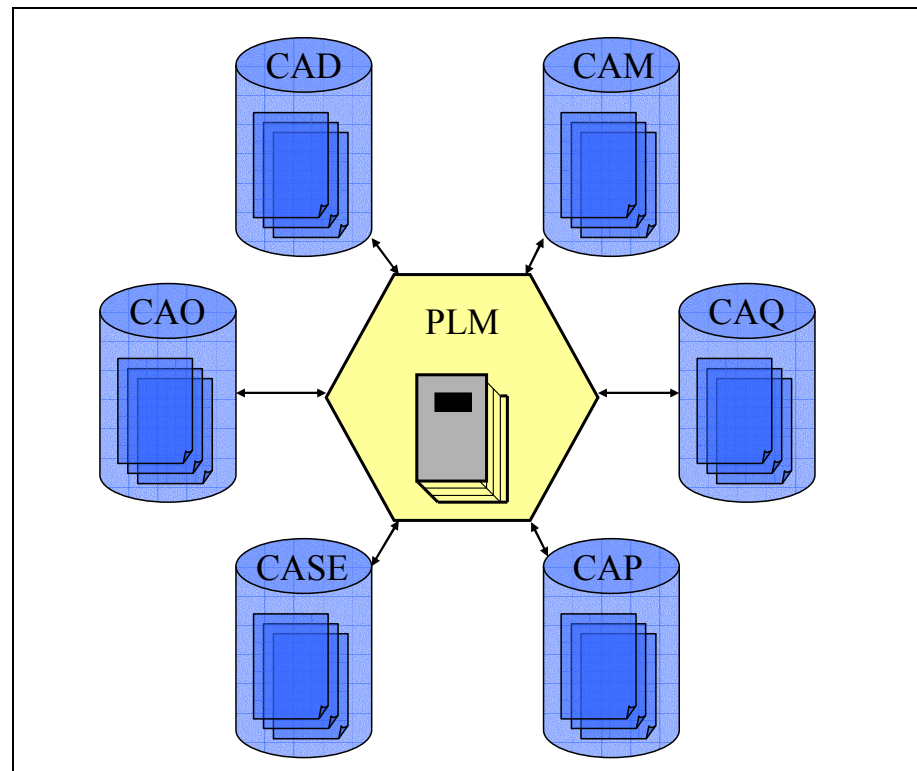


Abbildung 4-7: PLM als technisches Informationssystem

Unternehmensweites Produktdatenmanagement, das die optimale Abstimmung der Prozessabläufe beinhaltet, ist jedoch nur zu erreichen, wenn ein erheblicher Aufwand getrieben wird in Form von projektspezifischen Individualprogrammierungen und umfangreichen Anpassungen hinsichtlich der Unternehmensprozesse und der sie abbildenden PLM-Lösung. Daher beeinflusst die Entscheidung für den Einsatz eines dedizierten PLM-Systems gleichzeitig stark den Aufwand für dessen Einführung. Es muss ein Kompromiss gefunden werden zwischen einem Maximum an Funktionalität, die entscheidend ist für den Gesamtnutzen der Lösung, und dem Aufwand, der betrieben werden muss, um das System an die unternehmensspezifischen Belange anzupassen. Ein wesentlicher Aspekt ist hierbei der Übergang der Produktentstehungskette von der Planungs- und Entwicklungsphase in den Bereich der Herstellung.

Der Produktentstehungsprozess lässt sich entsprechend in einen fertigungsvorgelagerten Bereich und den Bereich der eigentlichen Fertigung unterteilen. Jeder dieser Bereiche gliedert sich wiederum in mehrere Einzelbereiche, innerhalb deren die jeweiligen Schritte der Produktentstehung ablaufen. Aus der Sicht der Informationsverarbeitung bestehen diese Schritte aus der Weitergabe von Informationen, es entsteht somit ein Informationsfluss. Im Bereich der Fertigung wird dieser durch einen Materialfluss ergänzt bzw. ersetzt (vgl. **Abbildung 4-8**).

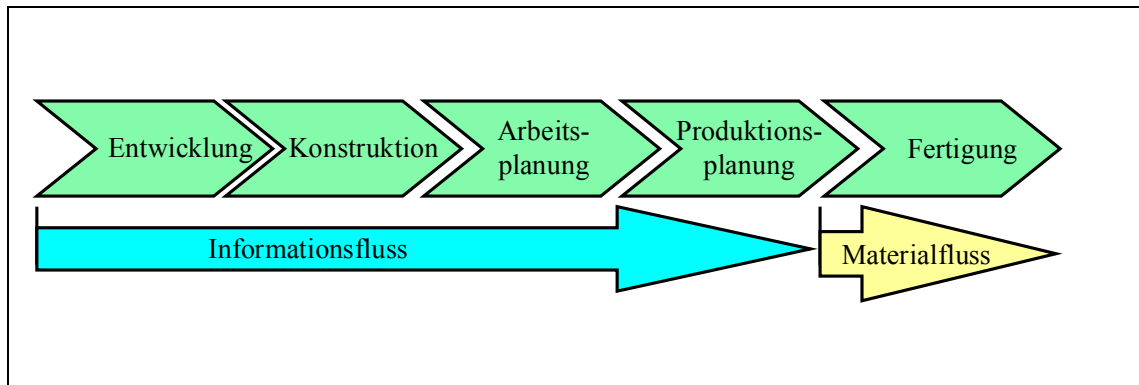


Abbildung 4-8: Informations- und Materialfluss im Produktentstehungsprozess [12]

Im Zuge des Informationsflusses werden produktbezogene Daten entlang der definierten Prozesskette von einer Abteilung zur nächstfolgenden weitergereicht. Diese nimmt die Daten auf, bearbeitet und ergänzt sie. Damit steigt der Informationsgehalt der weitergereichten Daten mit jedem Schritt. Diese Vorgehensweise birgt jedoch die Gefahr in sich, dass mit steigender Quantität der Daten deren Qualität abnimmt. Fehler, die in einem frühen Prozessschritt in die Daten einfließen, sind am Ende der Prozesskette nur mit einem erheblichen Aufwand zu korrigieren. Deshalb muss in jedem Prozessschritt eine Iteration möglich sein bzw. fest vorgesehen werden (z. B. durch entsprechende Prüfungs- und Freigabeinstanzen), um die Verwendbarkeit der Daten durch die nachfolgende Abteilung zu gewährleisten. Wird beispielsweise ein in der „Konstruktion“ erarbeitetes Modell nicht in der gleichen Abteilung auf seine Fertigbarkeit hin überprüft, so wird dieser Fehler erst in der Produktionsplanung erkannt. Zu diesem Zeitpunkt hat das Modell schon mehrere Abteilungen durchlaufen. Der Fehler verursacht dadurch erheblich höhere Kosten und Zeitverluste als eine Fehlererkennung direkt in der „Konstruktion“. Gleichzeitig ist die Erkennbarkeit des Fehlers in einem früheren Prozessschritt einfacher als in den Folgeschritten. Diese Zusammenhänge zeigt **Abbildung 4-9** [13].

Durch die Schaffung von Iterationen innerhalb einzelner Prozessschritte wird mit steigender Datenquantität auch deren Qualität erhöht. Im Zuge der Abarbeitung der am Produktentstehungsprozess beteiligten Prozesse werden alle Informationen zusammengetragen, die zur Fertigung des Produktes notwendig sind. Idealerweise liegen dann alle Informationen, die das Produkt ganzheitlich beschreiben, in digitaler Form vor. Es entsteht somit ein virtuelles Produkt. Alle im Zuge der Prozesskette anfallenden Daten werden im PLM-System verwaltet, somit beinhaltet dieses System das virtuelle Produkt. Dieser Sachverhalt hat einige Softwarehersteller dazu veranlasst, den Begriff VPDM (Virtuelles Produktdatenmanagement) zu prägen, der sich am Markt jedoch nicht als eigenständiges Synonym etabliert hat.

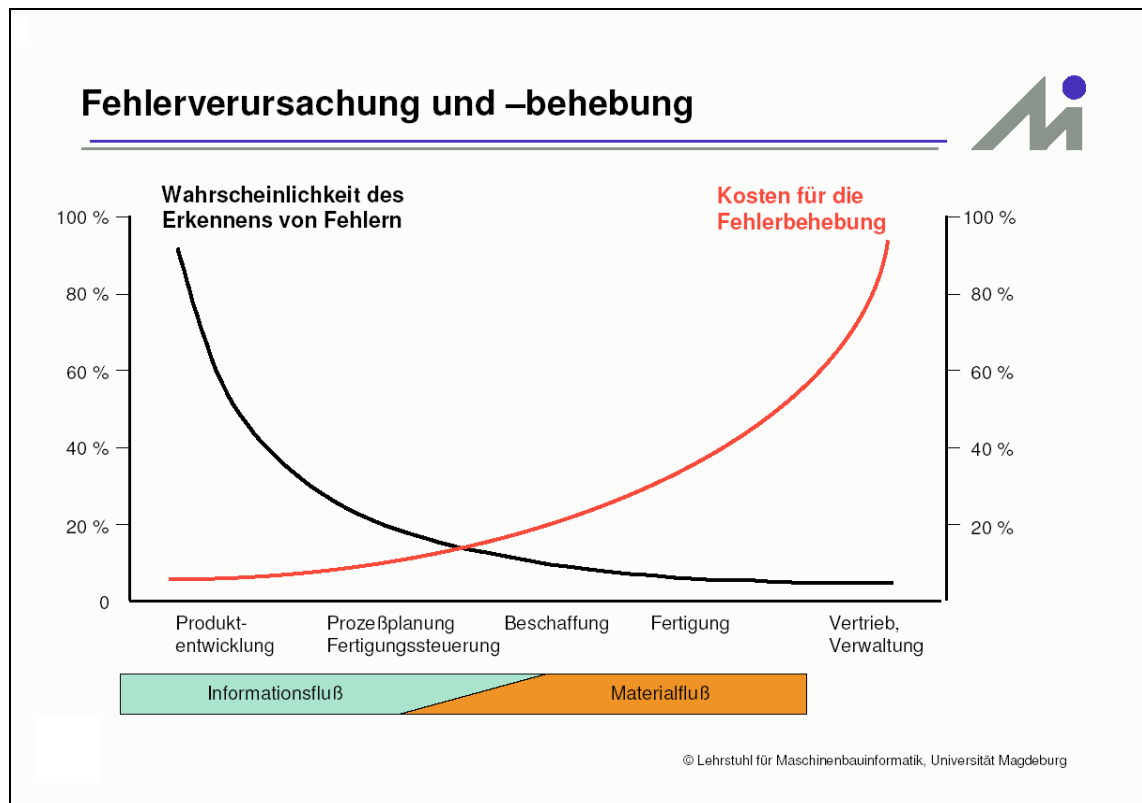


Abbildung 4-9: Fehlerverursachung und -behebung im Produktentstehungsprozess [13]

Der Workflow, also das kontrollierte Weiterreichen von Informationen sowie die Kontrolle und Steuerung der Prozesse, stellt somit eine zentrale Aufgabe des PLM-Systems dar. Unter dem Gesichtspunkt der Abgrenzung zwischen Produktentwicklung und -herstellung ergibt sich die Frage, ob diese Workflows besser von dedizierten PLM-Systemen gehandhabt werden können oder ob die für die Fertigungssteuerung eingesetzten ERP-Systeme diese Aufgabe mit übernehmen.

PLM-Systeme arbeiten auf der Basis von (mehrheitlich relationalen) Datenbanksystemen. Die Vorzüge von DBS (vgl. 4.3) und deren Systemphilosophie gelten damit auch für PLM-Systeme. Durch die herstellerseitige Auslegung der PLM-Lösungen speziell auf die Anforderungen der durch sie unterstützten Bereiche und Prozesse werden wesentliche Teile der einschränkenden Kriterien für die Nutzbarkeit von DBS eliminiert. Somit erfüllt das PLM-System weitgehend, jedoch nicht vollständig, die Anforderungen, die unter 3.7 zusammengefasst wurden. Es bleibt zu untersuchen, in welcher Ausprägung die PLM-Lösung eingesetzt wird und welche Teile des Forderungskataloges durch dieses System nicht umgesetzt werden können.

4.4.1 ERP-gestützte PLM-Lösungen

Die führenden Anbieter von ERP-Systemen, wie beispielsweise das Unternehmen SAP, bieten für die Lösung der breit gefächerten Aufgaben im Bereich Product Lifecycle Management dedizierte Module an, die in Verbindung mit deren Kernsoftwaresystemen betrieben werden [14]. Derartige Systemarchitekturen werden in der Literatur oftmals als „monolithisch“ bezeichnet, da sie als ein ganzheitliches System erscheinen. Sie bieten den Vorteil, dass durch die Verwendung eines durchgängigen Systems keine Schnittstellen entstehen. Ein weiterer Vorteil dieser einheitlichen Systemphilosophie liegt in der gleichartigen Benutzeroberfläche über alle Softwaremodule und nicht vorhandenen Kompatibilitätsproblemen bei Updates, Systemumstellungen, etc.

Gleichzeitig hat eine solche Lösung aber gravierende Nachteile. Hohe Komplexität, geringe Flexibilität und begrenzte Anpassbarkeit an spezifische Belange stellen wesentliche Schwächen dieser Softwarearchitektur dar [15]. Durch den Fokus von ERP-Systemen auf die Handhabung von logistischen Daten, die ihrer Ausprägung nach rein alphanumerisch vorliegen, sind systemimmanente Einschränkungen gegeben, die nicht problemlos zu umgehen oder beheben sind. Insbesondere grafisch orientierte Funktionen, wie z. B. die grafische Suche nach Teilen, grafikunterstützte Klassifizierung oder der Aufbau grafischer Sachmerkmalleisten etc., fehlen einer solchen Lösung in der Regel vollständig.

Abbildung 4-10 zeigt diese Systemarchitektur in grafischer Form und listet einige Vor- und Nachteile dieses Konzeptes auf.

Da für die Produktionsplanung und -steuerung prinzipiell nur freigegebene Daten notwendig sind, ist die Verwaltung dieser Daten auch der Schwerpunkt von ERP-Systemen. Die in Entwicklung und Konstruktion anfallenden Daten zu Prototypen, Konstruktionskonzepten etc. sind nur schwer verwaltbar. Gleiches gilt für CAD-Dateien, die in einem Format vorliegen, das für ERP-Systeme nicht interpretierbar ist. Um derartige Daten verwalten zu können, werden in den PLM-Modulen der ERP-Systeme aufwendige Anpassungen vorgenommen.

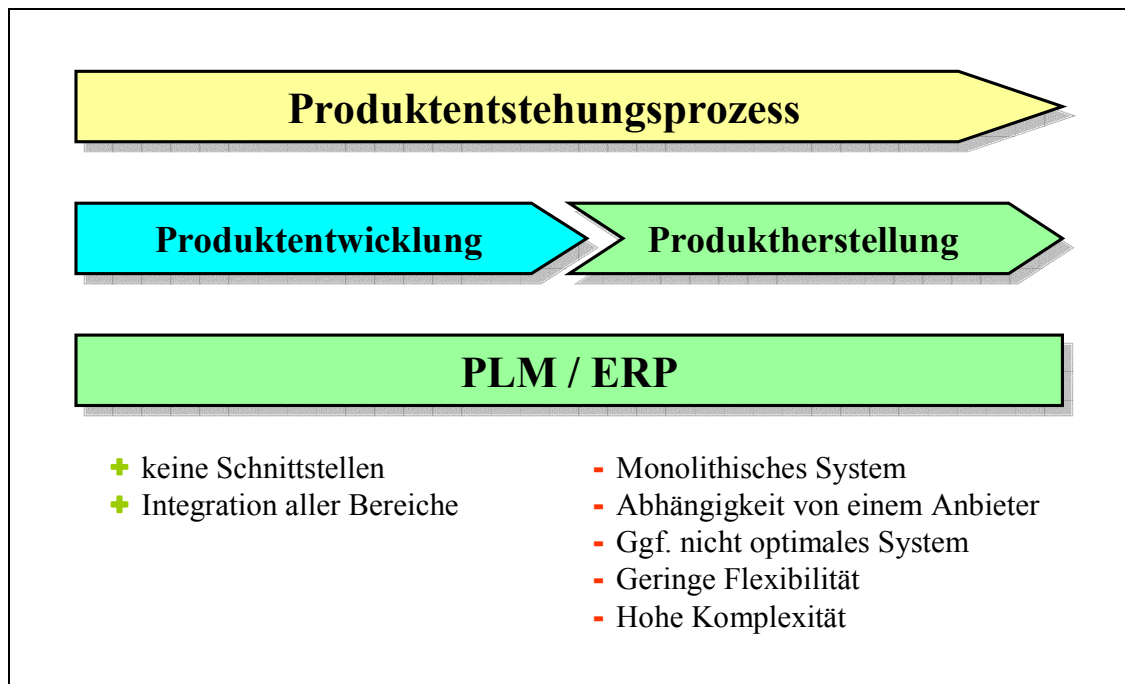


Abbildung 4-10: „Monolithische“ Systemarchitektur [15]

4.4.2 Unabhängige und CAD-nahe PLM-Lösungen

Neben den ERP-Anbietern haben sich auch die CAD-Hersteller und unabhängige Softwarehäuser auf die Entwicklung von PLM-Systemen fokussiert. Bei den unabhängigen Softwarehäusern entstehen PLM-Systeme oftmals aus Dokumentenmanagementlösungen. Diese dienen als Basis und werden durch modulare Weiterentwicklung mit den Funktionen ausgestattet, die ein PLM-System definieren. Der gravierende Nachteil dieser Konzepte besteht darin, dass eine Vielzahl von Schnittstellen geschaffen und gepflegt werden muss, um die Verbindungen zu den CAD-Systemen, der ERP-Welt und anderen Softwaresystemen herzustellen. Von der Güte dieser Schnittstellen und deren Integrationstiefe in die gekoppelten Applikationen hängt die mögliche Funktionalität des Gesamtsystems maßgeblich ab. Dieses Problem haben PLM-Lösungen aus der Riege der CAD/CAM-Anbieter, zumindest auf der CAD/CAM-Seite, nicht. Da die Produkte aus einem Haus kommen, ist die Kompatibilität hausintern sichergestellt. Die Integrationstiefe zwischen CAD und PLM ist bei diesen Lösungen am besten zu realisieren.

Beide Lösungsansätze werden auch „bereichsorientierte Lösungsansätze“ genannt und sind darauf ausgerichtet, den Anforderungen des fertigungsvorgelagerten Bereichs, insbesondere der Konstruktion und Entwicklung, Rechnung zu tragen. **Abbildung 4-11** stellt diesen Ansatz grafisch dar und beschreibt die Pros und Contras dieser Konzepte.

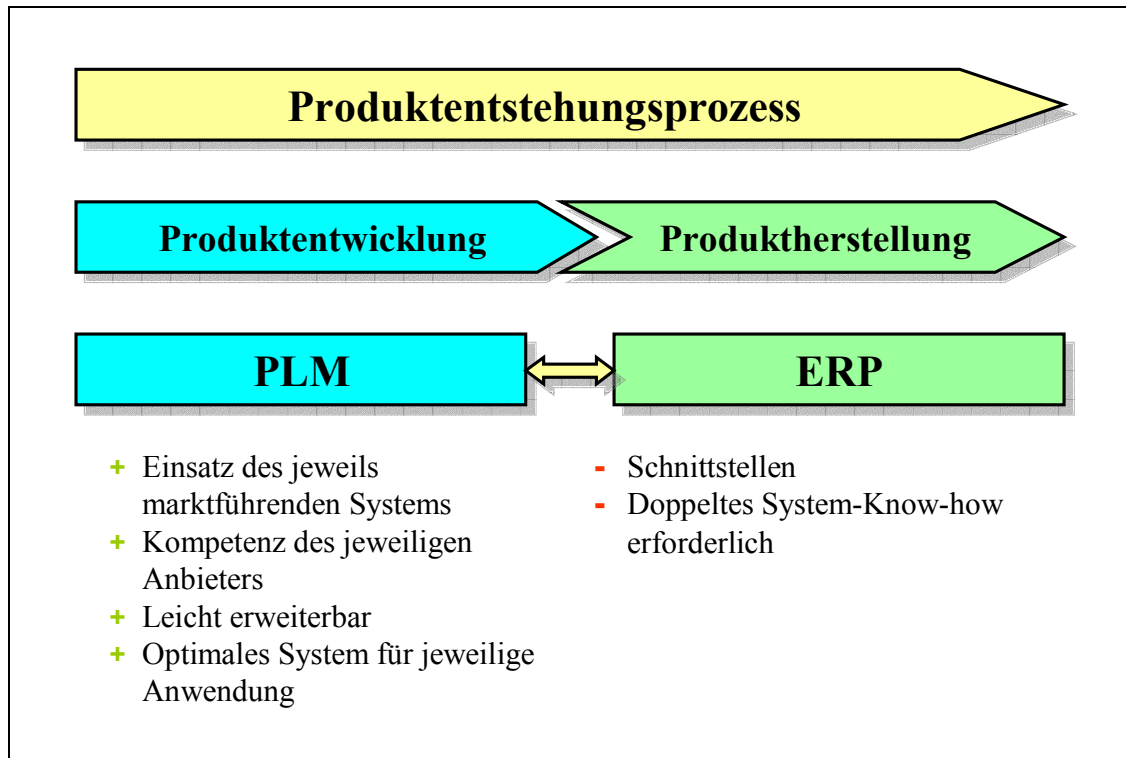


Abbildung 4-11: „Bereichsorientierter“ Lösungsansatz

Der wesentliche Vorteil von dedizierten (bereichsorientierten) PLM-Lösungen liegt darin, dass für die Aufgaben in der Produktentwicklung (hoher kreativer und innovativer Anteil, nicht immer vorhersehbar) und den hier anfallenden Daten (vielfach unsichere und unfertige Daten, mit einem hohen Änderungsrisiko) ein System zur Verfügung steht, das genau diesen Anforderungen gerecht wird. In allen anderen Bereichen, wie beispielsweise Fertigung und Verwaltung, sind die Aufgaben grundsätzlich vorhersehbar und beliebig reproduzierbar. Die Daten sind hier vollständig, zuverlässig und stabil, was die gleich bleibende Qualität der Produkte gewährleistet. Diese Daten müssen auf der ERP-Seite gepflegt werden.

Diese Unterschiede führen zu verschiedenartigen Daten- und Prozessmodellen in den Systemen. Bei richtiger Aufteilung ist die Schnittstelle zwischen beiden Systemen auf wenige, dispositive Daten, die zudem alle in alphanumerischer Form vorliegen, beschränkt und damit einfach beherrschbar³⁸ [3]. Damit stellt eine dedizierte PLM-Lösung als Standardsoftwarelösung das Optimum für die Erfüllung der Anforderungen des Referenzunternehmens dar.

³⁸ Zitat Prof. Dr. S. Vajna aus dem Artikel „Product Lifecycle Management“ in der FAZ vom 27.1.2003

4.5 Wahl der geeigneten Softwarekomponenten

Abschnitt 4.4 hat einen groben Überblick über die Einsatzbereiche von PLM-Lösungen vermittelt und aufgezeigt, dass diese Systemtechnologie gut geeignet ist, um die Anforderungen des Referenzunternehmens gemäß **Abbildung 3-3** zu erfüllen. Das lässt jedoch noch keine Aussage darüber zu, welches der marktgängigen PLM-Systeme die gestellten Anforderungen bestmöglich erfüllt. Um hierüber ein objektives Bild zu bekommen, ist es notwendig, die in Frage kommenden Systeme einer genaueren Betrachtung zu unterziehen.

Da allein auf dem deutschen Markt mehr als 50 PDM/PLM-Lösungen angeboten werden [16], ist es nicht möglich, alle Systeme zu analysieren. Vor dem Hintergrund, dass die Größe der installierten Basis der jeweiligen Lösungen auch ein Indiz für deren Entwicklungsstand und Reifegrad ist, beschränkt sich der Vergleich daher auf die zehn am weitesten verbreiteten Systeme (siehe **Abbildung 4-12**).

Referenz-Nummer	Anbieter	Systembezeichnung
R1	Co Create Software	Modelmanager
R2	EDS PLM Solutions	Teamcenter Engineering
R3	EDS PLM Solutions	Teamcenter Enterprise
R4	Dassault Systèmes	Enovia
R5	SAP AG	mySAP PLM
R6	Dassault Systèmes	SmarTeam
R7	CONTACT Software	CIM Database
R8	MatrixOne	MatrixOne
R9	Eigner	Eigner Precision PLM
R10	Parametric Technology	Windchill

Abbildung 4-12: PLM-Lösungen im Systemvergleich

Im Folgenden werden die für den Systemvergleich ausgewählten Produkte hinsichtlich der Erfüllung von grundlegenden Anforderungen untersucht und bewertet. Es wird im ersten Schritt darauf verzichtet, eine detaillierte Analyse der Funktionsumfänge der einzelnen Systeme vorzunehmen. Die Verfügbarkeit des Standardfunktionsumfanges von

PLM-Systemen wird bei den bewerteten Produkten vorausgesetzt. Eine tiefer gehende Betrachtung der Systeme erfolgt nur, wenn die Untersuchung der grundlegenden Anforderungen kein eindeutiges Ergebnis liefert, aus dem eine klare Tendenz für die Empfehlung zum Einsatz eines bestimmten Produktes abzuleiten ist [17].

Die Bewertung erfolgt in Form einer Bewertungstabelle. Die Bewertungskriterien sind wie folgt festgelegt:

0 = ungeeignet bzw. nicht vorhanden

1 = bedingt geeignet

2 = gut geeignet bzw. vorhanden

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
Eigenschaften										
Multiplattformfähig (UNIX und NT)	2	2	2	1	2	0	1	1	1	2
CAD-Schnittstelle ME10	2	1	0	0	1	2	1	0	1	0
CAD-Schnittstelle UG	1	2	0	0	1	2	0	1	1	0
Globaler Anbieter	1	2	2	2	2	2	1	2	1	2
Windows® Benutzeroberfläche	1	2	2	1	1	2	1	2	1	2
Schnittstellen zu PPS ³⁹	1	1	2	1	0	1	2	1	1	1
Kundenspezifische Anpassbarkeit	1	2	2	1	1	2	2	2	1	1
Systemhandhabung	1	2	1	1	1	2	1	2	1	1
Summe	10	14	11	7	9	13	9	11	8	9
Ranking	5	1	3	10	6	2	6	3	9	6

Abbildung 4-13: Grundlegende Anforderungen an PLM-Lösungen

Aus der Summe der produktspezifischen Bewertungskriterien ergibt sich der Grad der Eignung für das definierte Anforderungsprofil.

³⁹ PPS – Produktionsplanung und -steuerungssystem

Das Ergebnis zeigt, dass zwei der untersuchten Lösungen die an sie gestellten grundlegenden Anforderungen nahezu identisch erfüllen. Es handelt sich einerseits um das Produkt „SmarTeam“ aus dem Hause Dassault Systèmes und andererseits um „Teamcenter Engineering“, das von EDS PLM Solutions entwickelt und vermarktet wird (siehe **Abbildung 4-13**). Da sowohl TCE⁴⁰ als auch das bereits im Einsatz befindliche CAD-System Unigraphics® vom selben Hersteller kommen, ist davon auszugehen, dass die Koexistenz beider Systeme hinsichtlich der Kompatibilität bei Updates und Integrationen unproblematischer ist als zwischen Unigraphics® und SmarTeam. Für diese Annahme spricht auch die Tatsache, dass die Integration von Unigraphics® in Smarteam weder von Dassault Systèmes noch EDS PLM Solutions angeboten wird, sondern eine Lösung aus dem Zulieferermarkt darstellt, sodass bei Wahl dieser Konstellation mit drei Anbietern gearbeitet werden muss. Die Entscheidung fällt damit auf den Einsatz von TCE im Referenzunternehmen. Für die Erarbeitung eines Gesamtkonzeptes zur Integration bestehender Systeme und Prozesse in eine neue IT-Struktur müssen die Module der TCE-Lösung und deren Funktionalität einer genaueren Untersuchung unterzogen werden. Erst dann kann entschieden werden, welche Module eine hinreichende Funktionalität bieten und damit notwendig sind, um dem Forderungskatalog zu genügen. Auch die Frage nach ggf. notwendigen Individualprogrammierungen lässt sich erst nach detaillierter Kenntnis der Softwaremodule beantworten. Im Folgenden wird daher die prinzipielle PLM-Funktionalität und deren spezielle Implementierung in TCE näher beleuchtet.

⁴⁰ TCE – Teamcenter Engineering

4.6 Kernfunktionalitäten von PLM-Systemen

Das Einsatzspektrum von PLM-Lösungen ist klar definiert; es ist die Verwaltung aller das Produkt beschreibenden oder assoziierten Daten über den gesamten Lebenszyklus des Produktes, vom ersten Entwurf bis zur Entsorgung/Recycling. Damit ist auch der Funktionsumfang der am Markt angebotenen Systeme sehr ähnlich. Module oder Funktionalitäten, die heute für jedes gängige System angeboten werden, sind:

- Dokumentenmanagement
- Produktstrukturverwaltung
- Klassifizierung
- Änderungs- und Freigabemanagement
- Workflowmanagement
- CAD-Integration
- Internetbasierender Systemzugriff
- Standortübergreifende Verfügbarkeit

Neben diesen Kernfunktionen bieten vor allem die PLM-Anbieter, die auch CAx⁴¹-Technologien entwickeln, tief gehende Integrationen dieser Applikationen in das PLM-System. So bietet beispielsweise EDS PLM Solutions die volle Integration ihrer Applikationen aus den Bereichen CAM, CAD, FEM und Visualisierung in die PLM-Lösung „*Teamcenter Engineering*“ an.

4.6.1 Dokumentenmanagement

Der Bereich „*Dokumentenmanagement*“ umfasst alle Funktionen, die zur Verwaltung beliebiger, das Produkt betreffender Daten notwendig sind. Hierbei muss der Begriff des „*Dokuments*“ deutlich weiter gefasst werden, als es bislang der Fall war (vgl. 2.7). Alle im DMS⁴² verwalteten Daten sind der Definition nach Dokumente, also auch 3D-Datenmodelle, NC-Steuerprogramme oder andere, das Produkt beschreibende und in digitaler Form vorliegende Daten.

⁴¹ CAx – Summe der CA-Technologien, z. B. CAD, CAM oder CASE

⁴² DMS – Dokumentenmanagementsystem

Grundsätzlich werden diese Daten so verwaltet, dass das Dokument selbst mit einem dazugehörigen Dokumentenstammsatz im System angelegt wird. Der DSS⁴³ beinhaltet die Attribute, die das Dokument beschreiben. Ein Beispiel hierzu zeigt die **Abbildung 4-14**.

Beim Anlegen eines neuen Dokuments wird automatisch ein neuer Dokumentenstammsatz erzeugt. Die Felder dieses DSS und damit die Attribute des Dokuments werden für jeden Dokumententyp einmalig und unternehmensweit festgelegt. Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, dass über den DSS eine einfache Möglichkeit der Klassifizierung von Dokumenten geschaffen wird. Damit kann über die Attribute nach einem Dokument recherchiert werden. Komfortable Suchmasken innerhalb des Dokumentenmanagementmoduls erleichtern diese Aufgabe zusätzlich.

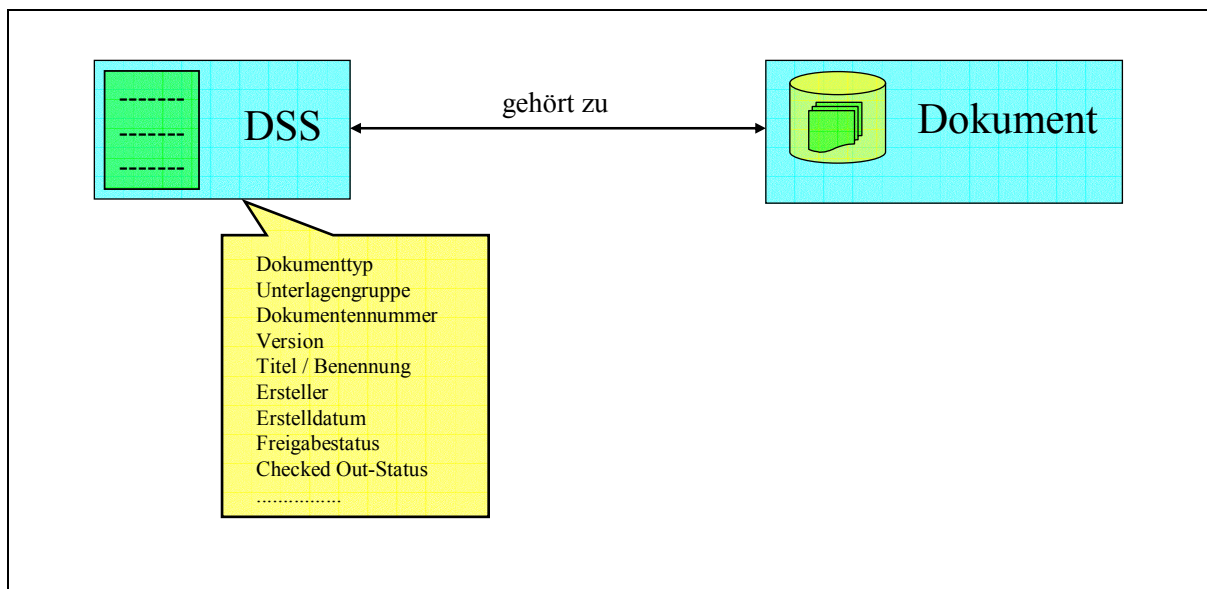


Abbildung 4-14: Beziehung zwischen Dokument und Dokumentenstammsatz

Die Basistechnologie eines PLM-Systems bildet grundsätzlich eine Datenbank. Alle im PLM angelegten Daten werden im DBS gespeichert. Aus technischer Sicht ist die Verwaltung von Dokument und Dokumentenstammsatz identisch mit der Repräsentanz dieser Informationen innerhalb der Datenbank. Der DSS entspricht dem Eintrag der Metadaten in der Datenbank. Das Dokument selbst wird im Dateisystem unter der Kontrolle der Datenbank gehalten und auf den DSS bzw. Metadatenatz referenziert.

⁴³ DSS – Dokumentenstammsatz

4.6.2 Produktstrukturverwaltung

Die Produktstrukturverwaltung ist einerseits, wie beschrieben, Teil des DMS. Andererseits sind diverse Funktionen notwendig, die mit der eigentlichen Verwaltung von Dokumenten nur bedingt zu tun haben, sondern vorwiegend die Manipulation und Auswertung der Produktstruktur selbst betreffen. Dieser Funktionsumfang heißt „*Produktstrukturverwaltung*“. Die Verknüpfungen von Dokumenten und produktbeschreibenden Daten bilden im PLM-System ein virtuelles Produkt (vgl. 4.4).

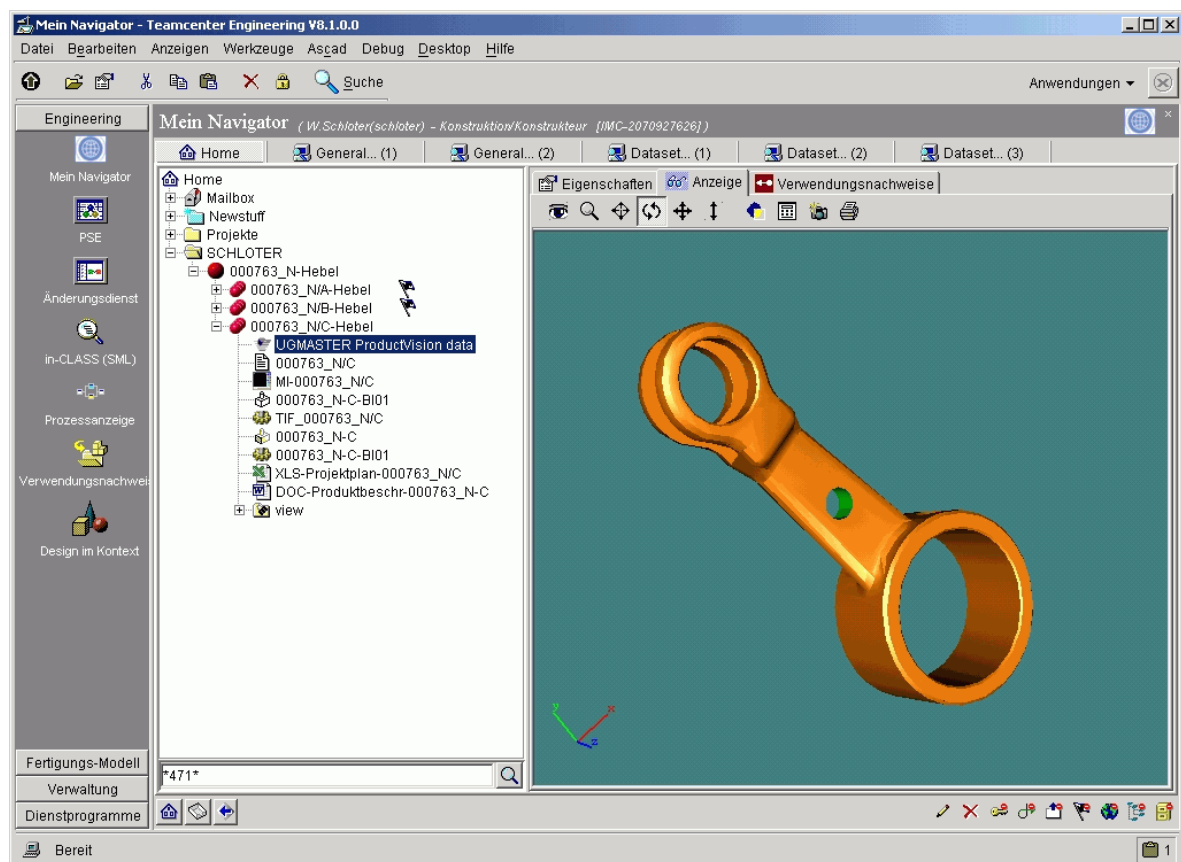


Abbildung 4-16: Strukturbrowser und grafische Vorschau im TCE

Für den Systembenutzer muss die Struktur dieses virtuellen Produkts ersichtlich sein, um ihm die Möglichkeit zu geben einzelne Komponenten zu identifizieren und zu bearbeiten. Daher bieten Strukturverwaltungsmodule mittels moderner Browsertechnologien die Möglichkeit der grafischen Darstellung von Strukturen und der Selektion von Komponenten per „*Mouseclick*“.

Das selektierte Teil wird daraufhin in einem separaten Fenster als Vorschau angezeigt, um dem Nutzer ein detailliertes Bild der getroffenen Auswahl zu geben. **Abbildung 4-16** zeigt

den Strukturbrowser des TCE und das Vorschaufenster, in dem die selektierte Komponente mittels eines Viewers dargestellt wird. Neben dem Referenzierungsnachweis sind der Einbau- und Teilenachweis wichtige Funktionen der Produktstrukturverwaltung. Der Einbau- und Teilenachweis gibt Aufschluss darüber, in welchen Produkten das ausgewählte Teil verwendet wird und an welcher Stelle der Produktstruktur es zu finden ist. Wird beispielsweise eine Änderung an einem Teil oder einer Baugruppe vorgenommen, so lässt sich über den Einbaunachweis (*where used*) feststellen, welche Produkte von der Änderung betroffen sind und ob die Konsistenz der Produkte nach der Änderung noch gegeben ist.

Der Referenzierungsnachweis hingegen (*where referenced*) gibt an, wo ein Dokument in der aktuellen oder einer anderen Produktstruktur referenziert ist.

4.6.3 Klassifizierung

Die Klassifizierung von Dokumenten aller Art ist eine unabdingbare Voraussetzung für die Möglichkeit der gezielten Suche nach Objekten, die spezifischen Kriterien genügen. Dabei ist die Art der Klassifizierung auf vielfältige Weise möglich. Schon die Vergabe einer Teilenummer stellt eine Klassifizierung dar, insbesondere wenn es sich um eine so genannte „*sprechende*“ Teilenummer handelt. Diese Methode der Nummernvergabe ist in Maschinenbauunternehmen häufig anzutreffen. Sie definiert die Teilenummer anhand von unternehmensweit gültigen Regeln, die besagen, welche Stelle der Teilenummer welche Information trägt.

So könnte beispielsweise die Nummer „1-234-5678“ folgende Bedeutung haben:

- 1 Teil wird in eigener Produktion hergestellt, eine „2“ stünde für ein Zukaufteil
- 234 Projektnummer, zu der das Teil gehört
- 5678 laufende Zählnummer

Auf diese Weise ist es möglich, eine Auswahl aller Zukaufteile zu erstellen oder alle Objekte aus einem bestimmten Projekt zu selektieren. Dieses einfache Beispiel zeigt, dass über sprechende Nummernsysteme grobe Klassifizierungen möglich sind. Für weiter gehende Spezifikationen von Objekten müssen jedoch andere Methoden herangezogen werden. Wie im Abschnitt „Dokumentenmanagement“ beschrieben, ist eine weitere Art der Klassifizierung über die Attributierung der Objekte möglich. Jedes Attribut ist gleichzeitig ein Schlüsselkriterium für die Suche nach Objekten, wobei auch die Suche nach einer (meist booleschen) Kombination von Attributen Anwendung findet.

Die für ein Unternehmen optimale Klassifizierung hängt stark von der Firmenstruktur und der Art des Produktentwicklungsprozesses ab. Daher sind auch die Anforderungen an das Klassifizierungsmodul eines PLM-Systems ausgesprochen hoch. Es muss in der Lage sein, individuell auf die Belange des Unternehmens konfiguriert zu werden. Je komplexer die Produkte sind und je größer die Teilevielfalt ist, desto umfangreicher sind die Anforderungen an die Klassifizierung. Häufig verwendete klassifizierende Merkmale sind die Unterteilung nach:

- Dokumententypen (2D-Zeichnung, 3D-Modell, Textdokument etc.)
- Teilen (Zukaufteile, Teile in Eigenproduktion, Normteile etc.)
- Produkten (standardisierte Baugruppen und Einzelteile)

Oftmals sind diese Kriterien jedoch nicht ausreichend, um ein bestimmtes Objekt zu suchen und zweifelsfrei zu identifizieren. Deshalb werden vor allem Norm- und Hausnormteile häufig mittels so genannter *Sachmerkmale* spezifiziert. Diese nach DIN 4000/4001 [28] genormte Vorgehensweise „parametrisiert“ ein Objekt anhand fester Kriterien. So wird beispielsweise eine Schraube anhand ihres Durchmessers, der Steigung, der Kopfform und der Gewindelänge katalogisiert und ist über diese Attribute leicht auffindbar. Klassifizierungsmodule moderner PLM-Lösungen unterstützen in der Regel das Sachmerkmal-leistenwesen.

Allerdings ist bei jeder Art der Klassifizierung zu berücksichtigen, dass jedes Klassifizierungswesen einen Mehraufwand bei der Erzeugung von neuen Objekten bedeutet, da die klassifizierenden Attribute vom Ersteller oder der Prüfinstanz in das System eingegeben werden müssen. Auch die Pflege der Daten, die in größeren Unternehmen oftmals in eigenen Abteilungen erfolgt (Normenstelle), ist hinsichtlich des zu erwartenden Aufwandes nicht zu unterschätzen. Daher ist gerade bei der Einführung eines Klassifizierungswesens eine Abschätzung zwischen Aufwand und Nutzen unabdingbar.

4.6.4 Änderungs- und Freigabemanagement

In Abschnitt 2.6.3 wurde beschrieben, wie der Prozess des Änderungs- und Freigabewesens im Referenzunternehmen abläuft. Dabei wurde deutlich, dass dieser Arbeitsablauf von zentraler Bedeutung für das Qualitätsmanagement im Unternehmen ist. Diese Aussage ist allgemeingültig. Daher ist das Änderungs- und Freigabemanagement ein zentrales Modul jeden PLM-Systems.

Die Mehrzahl aller Fertigungsbetriebe ist hinsichtlich ihrer Qualitätssicherungsprozesse zertifiziert nach DIN-EN-ISO-9000/9001 [29],[30]. Daher unterliegt der Änderungs- und Freigabeprozess in der Regel strengen betriebspezifischen Restriktionen. Die lückenlose Dokumentation der Änderungshistorie eines Einzelteils oder einer Baugruppe bis hin zum Gesamtprodukt muss gewährleistet sein. Jeder Stand der Produktentwicklung muss reproduzierbar sein. Als Änderungen werden in diesem Zusammenhang ausschließlich Modifikationen verstanden, die an bereits freigegebenen Objekten vorgenommen werden. Daher hat jede Änderung Auswirkungen auf die Konsistenz der Produktstruktur. Da sich die Konsistenz in der Regel nicht automatisiert – zum Beispiel rechnergestützt – prüfen lässt, ist der manuelle Eingriff durch eine Prüf- und Freigabeinstanz nötig. Oftmals werden zu diesem Zweck standardisierte Verfahren angewendet, die eine Änderung an einem Objekt nur über einen Änderungsantrag (ECR⁴⁴) und einen nachfolgenden Änderungsauftrag (ECO⁴⁵) zulassen. Der ECR wird von dem Änderungsanfordernden gestellt, und nach Prüfung und Zulassung des ECR durch eine Prüfinstanz wird eine ECO erstellt, die zur Realisierung der Änderung führt. Nach Abschluss der Modifikation checkt eine weitere Instanz die Fertigbarkeit des geänderten Objektes sowie die korrekte Umsetzung des ECO und erteilt bei positivem Ergebnis eine Freigabe.

Das PLM-System bildet diesen Prozess über das Workflowmodul ab. Es muss in der Lage sein, die betriebspezifisch oft sehr komplexen und unterschiedlichen Änderungs- und Freigabeprozesse flexibel abzusetzen und im Bedarfsfall anzupassen.

4.6.5 Workflowmanagement

Das Änderungs- und Freigabewesen ist nur einer von vielen Prozessabläufen im Unternehmen, die mit Hilfe von Computerunterstützung automatisiert werden können. Insbesondere bei der Nutzung des Concurrent Engineering [1] ist ein restriktiver Arbeitsablauf unabdingbar, um die miteinander verzahnten Einzelschritte in der Produktentwicklung ohne qualitative Einbußen für das Produkt zu durchlaufen.

Das Wesen eines Arbeitsablaufs besteht darin, den durch einen Mitarbeiter oder eine Mitarbeitergruppe durchgeführten Arbeitsschritt kontrolliert an die Folgeinstanz zu übergeben. Die Summe dieser Arbeitsschritte bildet einen *Geschäftsprozess*.

⁴⁴ ECR – Engineering Change Request

⁴⁵ ECO – Engineering Change Order

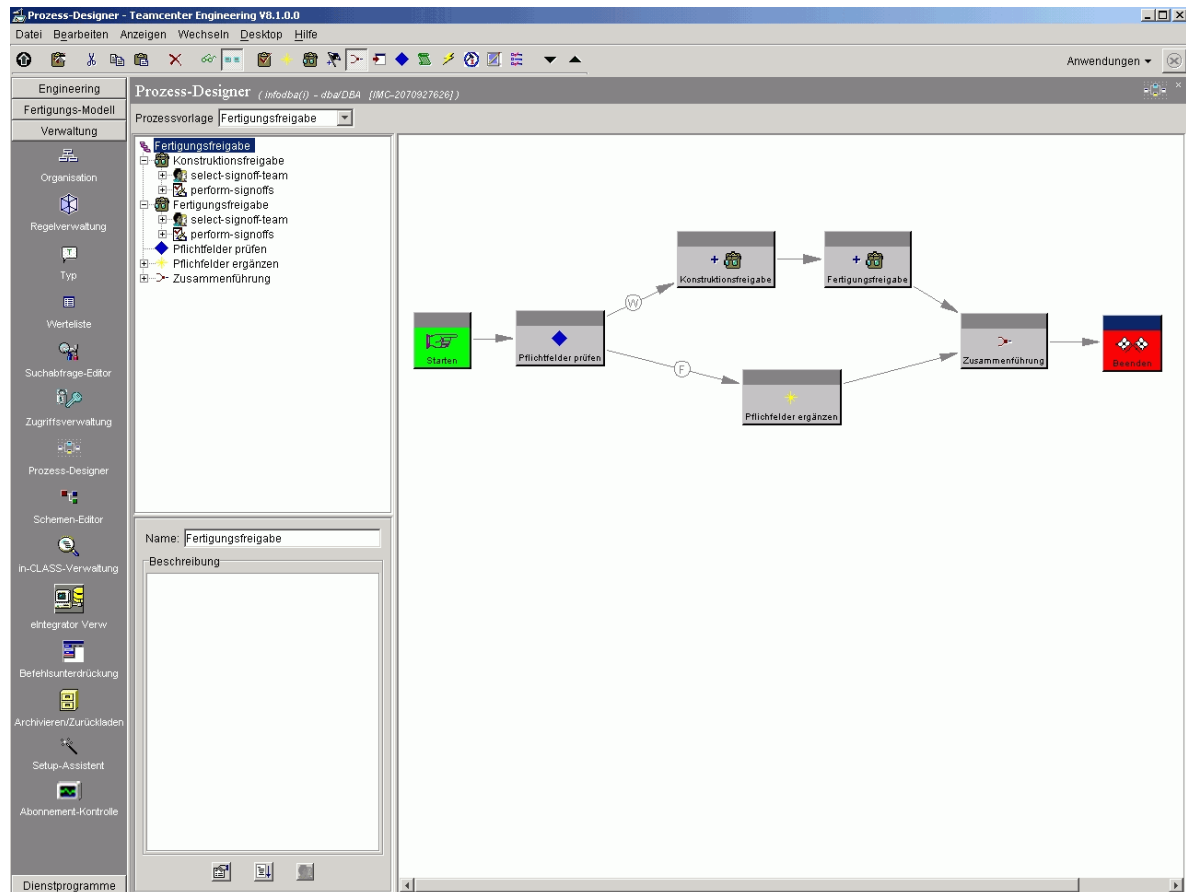


Abbildung 4-17: Workflowerstellung im TCE-Navigator

Ziel des Workflowmanagements ist es, diese Geschäftsprozesse als Modell im Rechner zu hinterlegen und die Weiterleitung der Ergebnisse der einzelnen Arbeitsschritte zu veranlassen. Die weitergeleiteten Ergebnisse von Arbeitsschritten können Dokumente oder auch beliebig komplexe Produktstrukturen sein. In der Terminologie von PLM-Systemen werden diese Objekte *Workflowobjekte* genannt. Die Weiterleitung erfolgt mittels elektronischer Arbeitsmappen, die über das Rechnernetzwerk des Unternehmens zum Empfänger transportiert werden. Diese Arbeitsmappen enthalten neben den Workflowobjekten die Information über die auszuführende Tätigkeit.

Workflowprozesse werden im PLM-System in der Regel grafisch definiert und abgebildet. Ein Beispiel hierfür zeigt die **Abbildung 4-17**. Sie stellt die grafische Repräsentanz eines Workflows für eine Engineering Change Order dar. Auch die Erstellung eines Workflows erfolgt durch die Interaktion über grafische Objekte.

4.6.6 CAD-Integration

Alle PLM-Anbieter liefern mit ihren Produkten Schnittstellen zu den gängigsten CAD-Systemen. Allerdings ist die Qualität dieser Schnittstellen herstellerspezifisch sehr unterschiedlich. Der Grund hierfür ist die Notwendigkeit einer sehr tiefen Verzahnung beider Produkte, die sich jedoch nur bewerkstelligen lässt, wenn bei der Entwicklung der Schnittstelle auf die internen Datenstrukturen der beiden Systeme bidirektional zugegriffen werden kann. Wird beispielsweise im Produktstrukturbrowser des PLM-Systems eine Unterbaugruppe des Produkts an eine andere Stelle des Strukturbaums verschoben, so hat das direkte Auswirkungen auf die Datenstruktur im CAD-System, da hier die Produktstruktur ursächlich entsteht. Um jedoch auf der CAD-Seite die Strukturen automatisch anzupassen, ist ein direkter Eingriff in die CAD-Datenstruktur notwendig. In der Regel werden die Datenstrukturen von den CAD-Herstellern aber nicht publiziert; es existieren meist auch keine öffentlich zugängigen Programme, um die Datenstrukturen zu manipulieren. Somit ist der PLM-Anbieter auf die Kooperationsbereitschaft der CAD-Hersteller angewiesen oder beschränkt sich auf die Verwendung von standardisierten Möglichkeiten der CAD-Integration. Das hat zur Folge, dass insbesondere im Bereich der 3D-Modelldaten nur diejenigen PLM-Lösungen eine zufrieden stellende Integration bieten, die vom gleichen Hersteller stammen wie das CAD-System selbst.

Die Verwaltung von 2D-Daten ist aufgrund der geringeren Datenkomplexität einfacher. Hier wird die Zeichnung über reine Import- und Exportfunktionen im PLM verwaltet. Sollen jedoch neben der Zeichnung separat die Schriftkopfinformation und der Zeichnungsrahmen verwaltet werden, so ist auch hier eine tiefere Integration notwendig. Im 2D-Bereich sind allerdings die Zugriffsmöglichkeiten auf Datenstrukturen eher gegeben als in der 3D-Welt. Deshalb ist auch die tiefe Integration von 2D-CAD-Systemen möglich, aber meist nicht standardmäßig vorhanden. Teamcenter Engineering bietet beispielsweise diese Funktionalität nicht von Hause aus an. Es existieren jedoch Programmierschnittstellen, mit deren Hilfe sich die Integration eines 2D-Systems, wie beispielsweise ME10, bewerkstelligen lässt. Die Einbindung von Unigraphics® und aller hierzu verfügbaren Module ist verfügbar, da diese Produkte alle vom gleichen Softwarehersteller stammen.

4.6.7 Internetbasierender Systemzugriff

Die rasant steigende Verbreitung und Akzeptanz der Internettechnologie hat auch bei der Weiterentwicklung von PLM-Lösungen zu Veränderungen geführt. PLM-Nutzer erwarten heute eine Möglichkeit der Kommunikation mit dem PLM-System mittels Internetbrowser.

Aus der Sicht des Kunden stehen in erster Linie der Wunsch nach Nutzung von vorhandener Infrastruktur und somit Kostenaspekte im Vordergrund.

Die PLM-Hersteller haben diesem Wunsch Rechnung getragen. Die gängigen Systeme bieten Module, die die Interaktion mit dem System über eine standardisierte Browser-technologie ermöglichen. In der Regel sind als Front-End-Applikationen die Browser von Netscape und der Microsoft® Internetexplorer unterstützt. Sowohl die Benutzeroberfläche als auch die verfügbare Funktionalität sind unterschiedlich, abhängig davon, ob mittels Internetbrowser oder einer direkten Verbindung zum System gearbeitet wird. Das stellt jedoch in der Praxis keinen Nachteil dar, da der webbasierende Zugang (WEB⁴⁶-Client) üblicherweise lediglich zum Visualisieren und Ausdrucken von Daten, z.B. Zeichnungen, genutzt wird. Der direkte Systemzugang hingegen stellt den vollen Leistungs- und Funktionsumfang bereit [18].

Auch für Teamcenter Engineering ist ein solches Modul verfügbar; es nennt sich „WEBAccess“.

4.6.8 Standortübergreifende Verfügbarkeit

Zahlreiche Unternehmen, so auch das hier untersuchte Referenzunternehmen, unterhalten Entwicklungsabteilungen und Fertigungslinien, die über mehrere Standorte verteilt sind. Jeder dieser Standorte benötigt die gleichen im PLM-System verwalteten Informationen. Auch die Geschäftsprozesse beschränken sich nicht auf eine Niederlassung, sondern laufen häufig standortübergreifend ab. Diesem Umstand muss das PLM-System Rechnung tragen. Es muss die Fähigkeit besitzen, unabhängig von Distanz oder Anzahl der Niederlassungen den Informationsfluss und die Verfügbarkeit von Daten sicherzustellen. Diese Aufgabe erscheint im ersten Ansatz trivial. Denn eine datentechnische Verbindung lässt sich problemlos über große Distanzen mittels Wahl- oder Standleitungen, z. B. über ISDN, realisieren. Diese technische Variante wird auch produktiv eingesetzt, sie birgt jedoch erhebliche Risiken bzw. Unzulänglichkeiten in sich. Einerseits muss eine solche Verbindung einen erheblichen Datendurchsatz gewährleisten, um den Nutzern unzumutbare Wartezeiten zu ersparen. Andererseits sind Maßnahmen erforderlich, die sicherstellen, dass im Falle eines Leitungsausfalles die Kommunikation zwischen den Standorten aufrechterhalten wird. Die technischen Möglichkeiten hierzu sind verfügbar. Der Aufwand, um diese Forderungen zu erfüllen, ist jedoch immens, sowohl in finanzieller als auch in technischer Richtung.

⁴⁶ WEB – Kurzform von “World-Wide-Web” (Internet)

Die PLM-Hersteller lösen dieses Problem auf eine andere Weise. Sie bieten Module an, die gewährleisten, dass zwei oder mehrere unabhängige PLM-Instanzen synchronisiert werden. Diese Vorgehensweise benötigt ebenfalls eine datentechnische Verbindung zwischen den Standorten. Sie sorgt aber dafür, dass der nötige Datendurchsatz um ein Vielfaches kleiner ist als in der ersten Variante, und stellt gleichzeitig sicher, dass im Falle einer Leitungsunterbrechung die Standorte autark weiterarbeiten können. Diese Lösung macht sich den Umstand zunutze, dass ein Großteil der an einem Standort benötigten Daten ausschließlich dort gebraucht wird. Deshalb erfolgt die Datenablage und -verwaltung auch dezentral. Lediglich die beschreibenden Informationen zu den Datensätzen, die so genannten Metadaten (vgl. 4.6 "Dokumentenmanagement"), werden allen Systemen an allen Standorten bekannt gegeben und bewusst redundant abgelegt. Somit kennt jede Lokation alle unternehmensweiten Daten und kann unabhängig von deren physischem Speicherplatz mit ihren Attributen arbeiten. Sollten einzelne Dateien dennoch an einem anderen Standort gebraucht werden, so können sie – mit einem zeitlichen Verzug – über das Datennetz direkt geladen werden. In vielen Fällen werden in nächtlichen Batchroutinen⁴⁷ standortübergreifend genutzte Datensätze, z. B. Normteildateien, aktualisiert und synchronisiert.

Das Modul „*Global TCE*“ für die PLM-Lösung Teamcenter Engineering deckt diese Funktionalität ab. Dabei werden zwei oder mehrere autarke TCE-Installationen über diese Module gekoppelt. Die Schnittmenge der an allen Standorten benötigten Daten wird in einer separaten Instanz „publiziert“ und zyklisch auf die Zielsysteme übertragen.

4.7 Architektur von PLM-Systemen

Für die Erarbeitung eines unternehmensweiten Gesamtkonzeptes zur Integration bestehender Systeme und Prozesse, das sich auf die PLM-Lösung als integrierendes Element stützt, sind Kenntnisse der Architektur solcher Systeme nötig. Denn diese Architektur muss bei der späteren Auslegung der Basisinfrastruktur für den Betrieb der Gesamtsysteme berücksichtigt werden.

⁴⁷ Batchroutine – zyklischer, zeit- oder ereignisgesteuerter Rechnerprozess

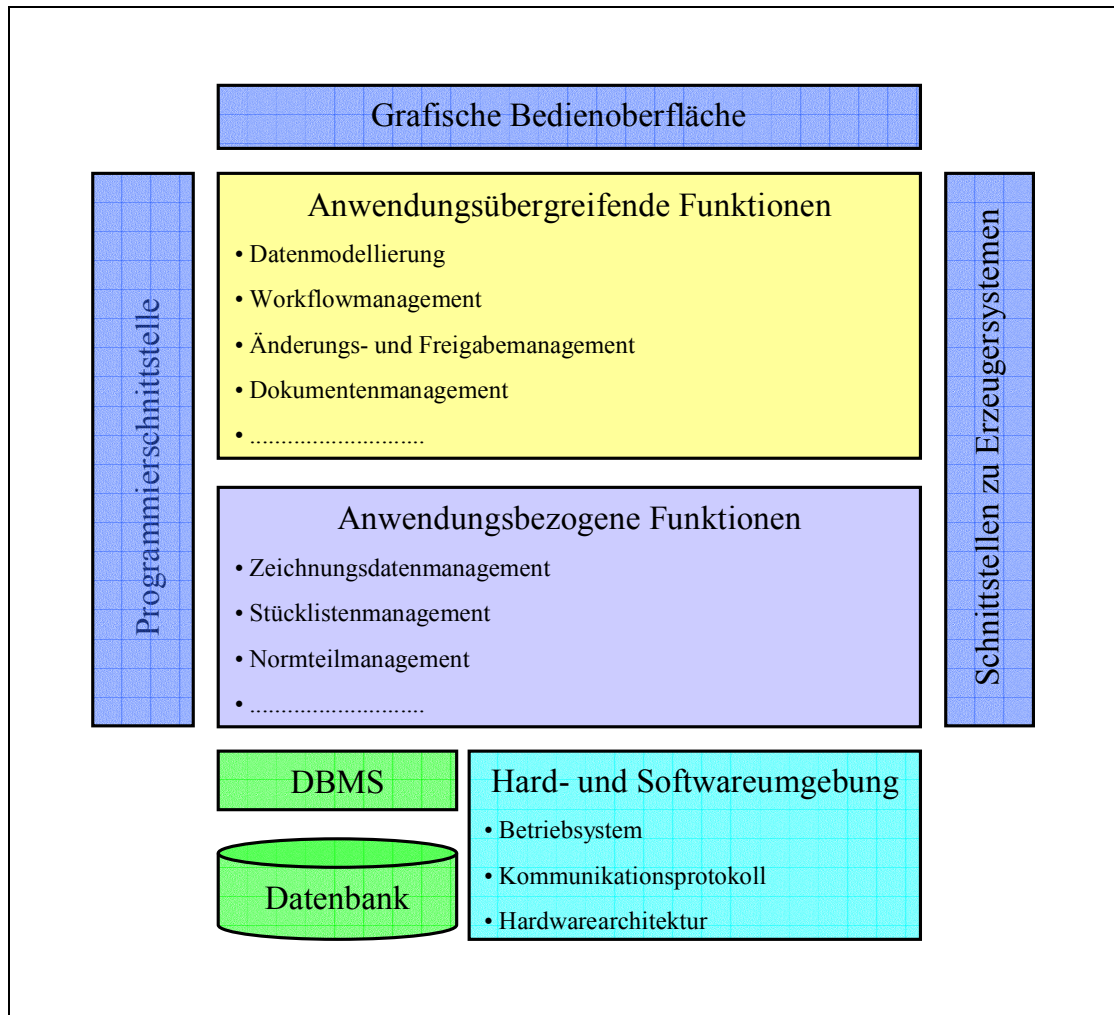


Abbildung 4-18: Referenzarchitektur von PLM-Systemen

Abhängig von den Anwendungsschwerpunkten der PLM-Systeme und deren Entwicklungsschritten unterscheiden sich die Architekturen der Applikationen teils erheblich. Es existiert kein einheitliches Prinzip für die Systemarchitektur, auf dessen Basis oder Vorgabe die Softwarehersteller ihre Lösungen hätten entwickeln können. Die Hersteller reagieren vielmehr auf aktuelle Marktanforderungen durch die Entwicklung von Softwareerweiterungen und -modulen, aufsetzend auf bestehenden Systemen. Dennoch hat sich im Laufe der Zeit eine „Referenzarchitektur“ herauskristallisiert, die den marktführenden Systemen gemein ist. Diese Referenzarchitektur ist in **Abbildung 4-18** dargestellt. Es zeigt die Funktionsbereiche, die aufeinander abgestimmt das Kernsystem PLM definieren:

- *Datenbank und Datenbankmanagementsystem* stellen die Basistechnologie dar, die Verwendung findet, um die eigentliche Speicherung von Daten und deren Beziehung zueinander zu ermöglichen (vgl. 4.3). In der Regel verwenden PLM-Systeme

relationale Datenbanksysteme. Das ausgewählte Produkt „TCE“ arbeitet mit der Datenbanklösung Oracle vom Hersteller gleichen Namens.

- Die *Hard- und Softwareumgebung* definiert die IT-Infrastruktur, die für den Betrieb des PLM-Systems und der darunter liegenden Datenbank eingesetzt wird. Es setzt sich zusammen aus einer Hardware – in der Regel ein oder mehrere Serverrechner – und der Betriebssystemsoftware sowie den Netzwerkdiensten für die Kommunikation mit anderen Rechnersystemen. Diese Infrastruktur ist entscheidend für die Verarbeitungsgeschwindigkeit und die Verfügbarkeit des Gesamtsystems. Deshalb muss auf die Konfiguration dieser Infrastruktur besonderes Augenmerk gelegt werden. Um eine Lastverteilung und somit eine Leistungsverbesserung der Infrastruktur zu erreichen, werden oftmals die Prozesse des Datenbank- und Datenbankmanagementsystems hardwareseitig getrennt von den Prozessen des PLM-Systems.
- Das PLM-System selbst setzt einerseits auf der Hard- und Softwareumgebung auf und nutzt andererseits die Dienste des Datenbankmanagementsystems. Sein Funktionsumfang wird unterteilt in *anwendungsübergreifende* und *anwendungsbezogene Funktionen*. Anwendungsübergreifende Funktionen unterstützen Geschäftsprozesse über mehrere Schritte bzw. Anwendungen. Workflow und Freigabewesen sind Beispiele hierfür. Sie begleiten das betreffende Objekt unabhängig vom Prozessschritt. Anwendungsbezogene Funktionen hingegen unterstützen Aufgaben ausschließlich entsprechend ihrer Ausprägung. Normteilmanagement beispielsweise bezieht sich nur auf die Anwendung mit einem CAD-System. Vorgeschaltete oder nachgelagerte Applikationen werden hiervon nicht unterstützt.
- Die *grafische Bedienoberfläche* – auch GUI⁴⁸ genannt – stellt die Interaktionsplattform des Benutzers mit dem System dar. Hier werden Eingaben getätigt und Informationen systemseitig zur Verfügung gestellt.
- *Programmierschnittstellen* schaffen die Möglichkeit der Ankopplung und Integration von Anwendungsmodulen zur funktionellen Erweiterung.
- *Schnittstellen zu Erzeugersystemen* stellen die Kopplung zu den datenerzeugenden Applikationen dar, deren Daten im PLM verwaltet werden müssen. Beispiele sind CAD/CAM-Systeme, Büro-Applikationen wie Microsoft® Word oder Microsoft® Excel etc.

⁴⁸ GUI – Graphical User Interface (Grafische Bedienoberfläche)

Die dargestellte Referenzarchitektur findet sich vor allem in Hard- und Softwareumgebungen wieder, die nach dem heute üblichen Client-/Server-Prinzip aufgebaut sind [8],[12]. Dieses Prinzip ermöglicht es, Softwareprogramme so aufzubauen, dass die Programmausführung über mehrere Computersysteme verteilt werden kann. So werden beispielsweise zentrale Aufgaben auf Serverrechnern abgearbeitet. Programmteile, die die Interaktion mit dem Benutzer steuern, werden hingegen auf den Arbeitsplatzrechnern gefahren. Softwareprogramme müssen für diese Arbeitsweise konzipiert sein. Moderne PLM-Lösungen erfüllen diese Anforderung. Sie können derart installiert werden, dass die Abarbeitung einzelner Programmteile auf unterschiedliche Server und Arbeitsplatzcomputer verteilt wird. Damit lässt sich die Struktur sehr individuell den unterschiedlichen Gegebenheiten in Unternehmen anpassen. Stellt sich beispielsweise die Netzwerktopologie in einem Unternehmen als der Teil der Gesamtlösung dar, der aufgrund mangelnder Geschwindigkeit den Durchsatz des Gesamtsystems behindert, so kann durch intelligente Verteilung der PLM-Softwareprozesse der Netzwerkverkehr minimiert werden und somit eine Steigerung des Durchsatzes erfolgen.

Die **Abbildung 4-19** zeigt die am häufigsten eingesetzte Konstellation mit zwei Serversystemen, von denen einer die Datenbank- und die PLM-Prozesse verarbeitet, der zweite Rechner dient als Dateiserver für die Handhabung der physikalischen Dateien. Die netzwerkseitige Verbindung der Rechnersysteme – Server als auch Clients – erfolgt über ein standardisiertes Protokoll. Dieses TCP/IP⁴⁹ genannte Protokoll stellt das eigentliche Transportprotokoll dar, das – basierend auf dem Ethernet-Standard – den Informationstransport über das LAN-Netzwerk regelt und sicherstellt, dass die abgeschickten Informationen fehlerfrei auf der Empfängerseite ankommen. Hierbei fängt das Protokoll auch häufig vorkommende Datenkollisionen im Netz ab. Im Fehler- oder Kollisionsfall veranlasst das Protokoll eine Wiederholung des Sendevorgangs. Die Daten werden nicht in einem Block verschickt, sondern in kleine Einzelpakete unterteilt. Jedes Paket erhält einen so genannten TCP-Header, also einen Identifikationsschlüssel, der es erlaubt, die Einzelpakete auf der Empfängerseite wieder zu einem Block zu vereinen. Auf diese Weise wird eine optimale Netzauslastung erreicht und die maximalen Antwortzeiten des Systems pro Benutzer reduziert.

⁴⁹ TCP/IP – Transmission Control Protocol / Internet Protocol (Netzwerkprotokoll)

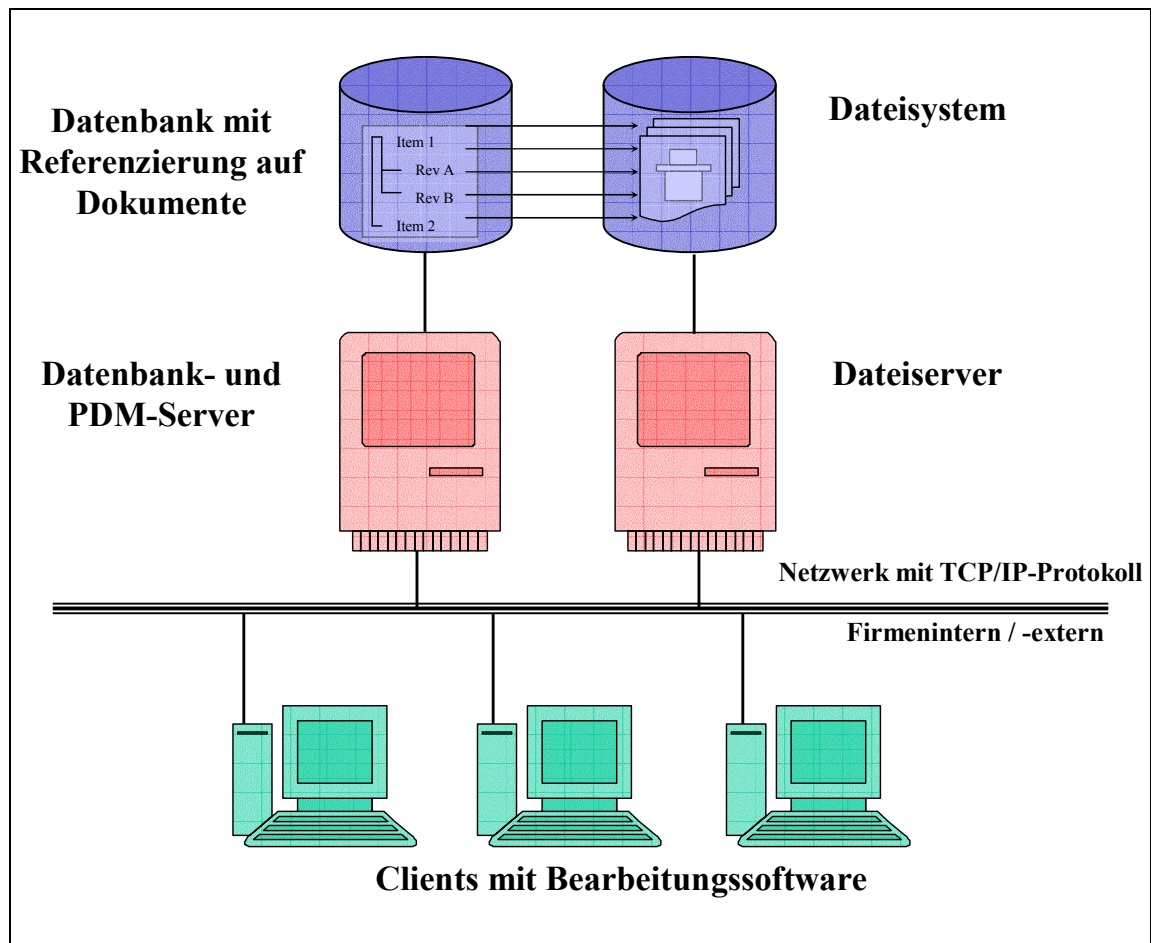


Abbildung 4-19: Beispiel einer Client-/Server-Architektur von PLM-Systemen

TCP/IP findet aber nicht nur auf der Ebene der LAN-Netzwerke Anwendung, sondern stellt auch den Standard im Umfeld der Weitbereichsnetzwerke (WAN⁵⁰) dar. Somit ist der standortübergreifende Netzbetrieb genauso zu handhaben wie der lokale, auch wenn die darunter liegende Netzwerktechnologie (vgl. Abschnitt 2.5.1) sich von der der lokalen Installation unterscheidet. Damit wird es aus Sicht der netzwerktechnischen Verbindung unerheblich, ob eine PLM-Installation ausschließlich lokal betrieben wird oder sich über mehrere Standorte verteilt. Ein PLM-Betrieb über verteilte Standorte (vgl. 4.6 „Standortübergreifende Verfügbarkeit“) wird durch diese Netzwerk- und Protokolltechnologie erst möglich. Ein Beispiel für eine solche Konstellation, verteilt über drei Standorte, zeigt **Abbildung 4-20**.

⁵⁰ WAN – Wide Area Network (Weitbereichsnetzwerk)

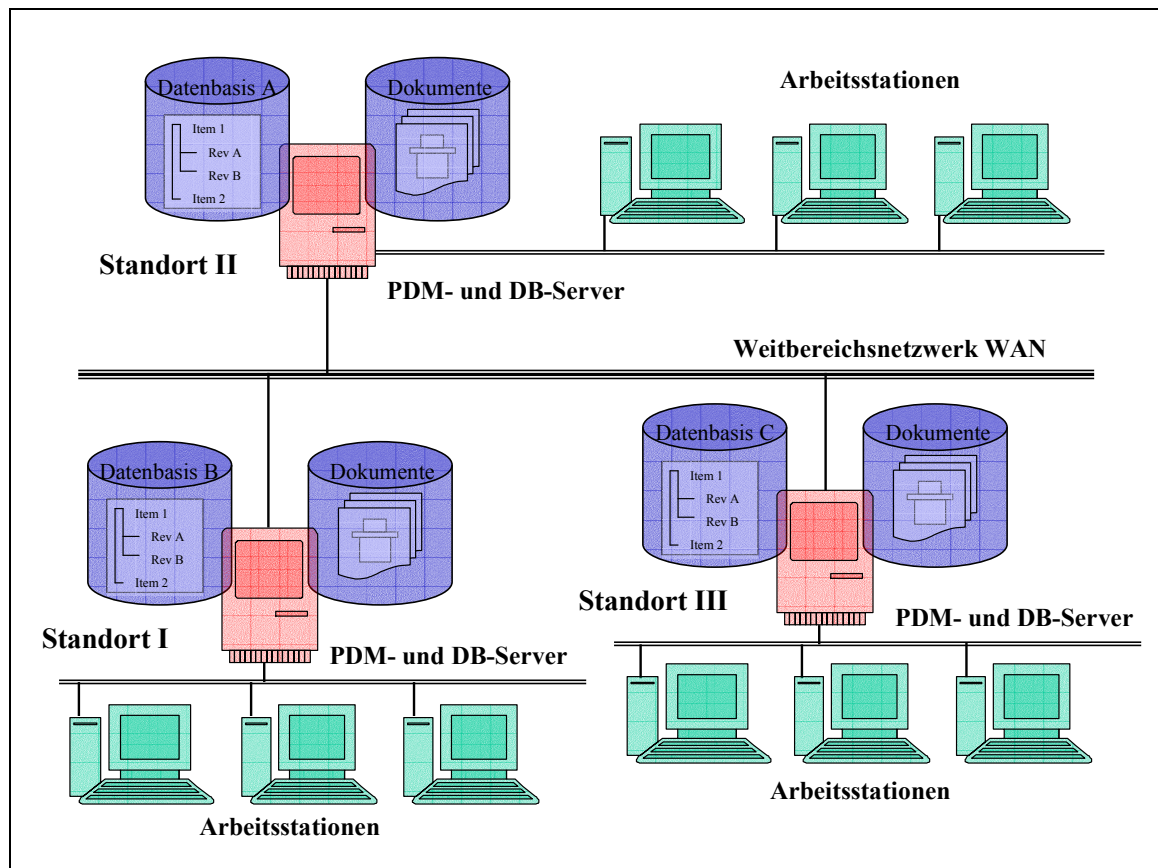


Abbildung 4-20: Standortübergreifende PLM-Instanzen

4.8 Wahl der Programmiersprache für die Generierung von Schnittstellen zu vorhandenen Altsystemen

Die Wahl der Programmiersprache für die spätere Umsetzung der konzipierten Individualprogrammierungen hängt in erster Linie von der Programmierschnittstelle der anzusteuern- den Applikationen ab. Lassen sich diese nur über spezielle Softwareroutinen bedienen, so ist damit auch die mögliche Programmiersprache festgelegt. Bietet beispielsweise eine Applikation eine Softwareschnittstelle in Form von Bibliotheken der Programmiersprache „C“ an, so kann nur in dieser oder einer übergeordneten Sprache eine Programmierung erfolgen. Da die überwiegende Zahl der am Gesamtprozess beteiligten Applikationen diese C-Bibliotheken verwendet, wird auf eine vergleichende Diskussion der verschiedenen Programmiersprachen verzichtet und die Programmiersprache C++ als diejenige ausgewählt, die für die spätere Realisierung zum Einsatz kommt. C++ ist eine objektorientierte Sprache und eine Obermenge der prozeduralen Sprache „C“. Damit ist die Aufwärtskompatibilität der C-Routinen nach C++ gewährleistet [19],[20].

5 Randbedingungen

5.1 Wirtschaftlichkeit von Systemeinführungen und -umstellungen

Für jede Art von Investition ist die Wirtschaftlichkeit das entscheidende Kriterium. Es ist unsinnig, Konzepte zu erarbeiten und dann auch zu realisieren, die einerseits einen Vorteil hinsichtlich der Optimierung von Unternehmensprozessen bieten, andererseits aber unverhältnismäßig hohe Kosten verursachen. Die Risiken und der ggf. daraus resultierende wirtschaftliche Schaden, der durch nicht optimale Unternehmensprozesse verursacht wird, müssen in jedem Fall größer sein als die Investitionskosten, die die Einführung neuer Technologien verursacht. In diesem Zusammenhang wird auch vom so genannten „Return-On-Investment“ (ROI⁵¹) gesprochen, also dem Zeitraum, der vergeht, bis eine Investition sich durch die daraus entstehenden Kostenreduzierungen auszahlt.

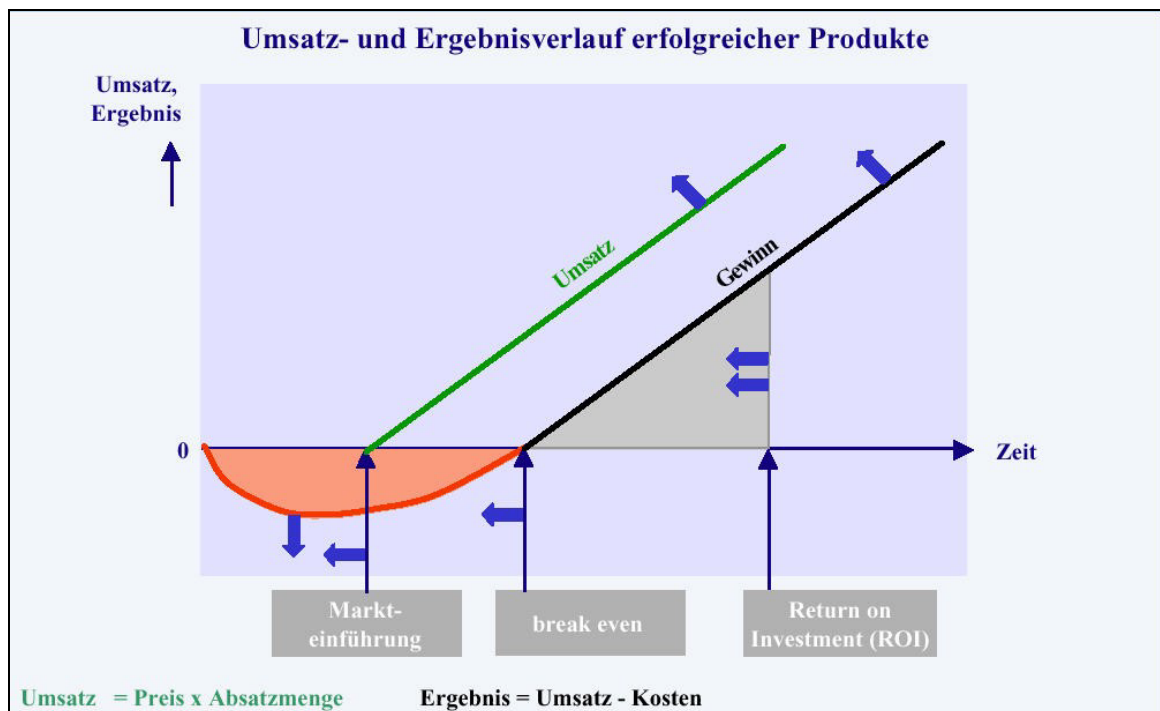


Abbildung 5-1: „Return-On-Investment“-Darstellung [21]

Abbildung 5-1 [21] stellt diesen Sachverhalt grafisch dar und zeigt beispielhaft den Zusammenhang zwischen Investitionskosten, Markteinführung und Gewinnentwicklung. Sie veranschaulicht, dass eine frühe Markteinführung die Gewinnschwelle und damit den realisier-

⁵¹ ROI – Return-On-Investment

baren Gewinn über den Produktlebenszyklus und den Zeitpunkt des ROI signifikant beeinflusst, insbesondere bei Produkten aus dem Bereich der Konsumgüter.

Der ROI sollte stets unter den typischen Abschreibungszeiträumen für Investitionsgüter liegen, also einen Zeitraum von 24-36 Monaten nicht überschreiten.

Bei der Kalkulation werden oftmals die internen Kosten einer Investition vernachlässigt. Sie können jedoch einen signifikanten Anteil der Gesamtkosten ausmachen, wenn z. B. durch die Einführung neuer Technologien Ausbildungsmaßnahmen für Mitarbeiter notwendig werden. Da diese Mitarbeiter während der Ausbildungszeit nicht ihrer üblichen Arbeit nachgehen können, entsteht zwangsläufig ein Produktivitätsknick, der Kosten verursacht, die es im Vorfeld der Investition zu kalkulieren gilt (siehe **Abbildung 5-2**).

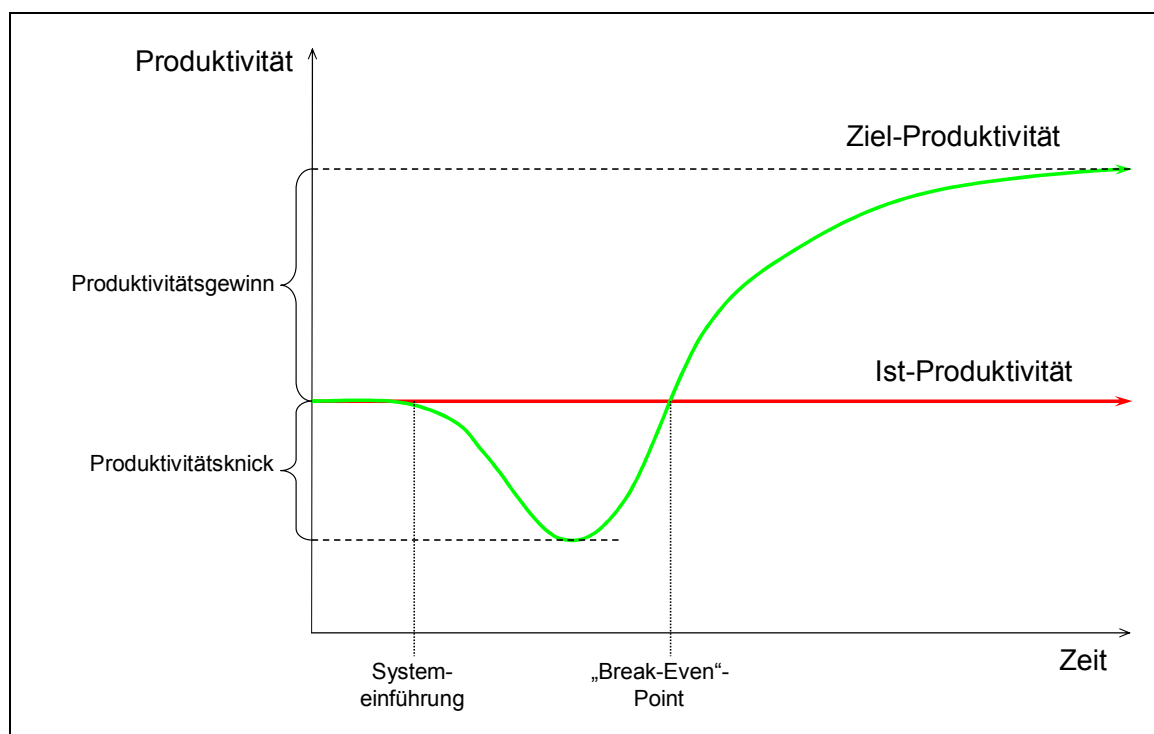


Abbildung 5-2: Produktivitätsknick bei Systemeinführungen

Der gleiche Effekt entsteht dadurch, dass der Umgang mit neuen Technologien eine Eingewöhnungszeit für die Mitarbeiter bedeutet. Über einen gewissen Zeitraum ist damit der Einsatz der im Unternehmen vorhandenen Technologie der neuen sogar wirtschaftlich überlegen. Kosten für interne Aufwendungen sind nur sehr schwer zu beziffern. Einerseits muss bekannt sein, wie hoch der Stundensatz der jeweiligen Mitarbeiter ist, andererseits sind die Zeiten des erwähnten Produktivitätsknicks nicht sicher zu bestimmen. Auch der

Einfluss auf benachbarte, am Prozess beteiligte Abteilungen ist nicht eindeutig vorhersehbar. Daher kann eine ROI-Kalkulation oft nur anhand von groben Annahmen erfolgen, ein Umstand, der den Unternehmenscontrollern oft nicht einsichtig ist. So wurden schon manche Erfolg versprechende Konzepte nicht realisiert.

5.2 Einbindung in bestehende Prozessabläufe

Die Wirtschaftlichkeit einer Investition ist aber nicht nur am ROI festzumachen. Auch die Verträglichkeit neu einzuführender Technologien mit bestehenden Prozessen ist ein sehr wichtiges Kriterium. Wenn im Unternehmen die Entscheidung fällt, z. B. die gesamte Konstruktionsabteilung mit 3D-CAD-Arbeitsplätzen auszustatten, so geschieht das in der Regel nicht in einem Zug, sondern schrittweise. Mit einer „ad hoc“-Umstellung ist fast jedes Unternehmen finanziell überfordert, außerdem ist die Konstruktionsabteilung in einem solchen Fall über einen langen Zeitraum nicht produktiv (Einarbeitung der Mitarbeiter, Umstellung der Arbeitsweise etc.).

Neue Technologien werden immer nur Zug um Zug eingeführt, was jedoch bedeutet, dass viele Arbeitsplätze über einen gewissen Zeitraum parallel noch in der konventionellen Arbeitsweise genutzt werden. Neue Technologie und „alte“ Arbeitsweise koexistieren somit über eine mehr oder weniger lange Zeitspanne, abhängig von der Akzeptanz der neuen Technologie einerseits und den finanziellen Möglichkeiten des Unternehmens andererseits. Trotzdem müssen die Prozessabläufe in der „Konstruktion“ gewährleistet bleiben, somit müssen beide Technologien parallel genutzt werden, und zwar so, dass keine negativen Auswirkungen die innerbetrieblichen Abläufe stören. Daher ist für jede neue Technologie zu prüfen, ob diese Koexistenz möglich ist.

5.3 Technologischer Stand der Softwareprodukte

Die Hersteller von Standardsoftware (z. B. EDS) unterscheiden in ihrer Beschreibung von Funktionalitäten oft nicht zwischen den bestehenden Möglichkeiten der aktuellen Programmversion und der Vision, die mit der Entwicklung der Software verbunden ist. Am Beispiel des Produktes Unigraphics® lässt sich dieser Sachverhalt erläutern:

EDS propagiert in seinen Broschüren die „papierlose Konstruktion und Fertigung“, was bedeutet, dass die Konstruktion eines Produktes, die Übergabe der Konstruktionsdaten in die Fertigung und letztendlich der Fertigungsprozess selbst ohne die Aus- und Weitergabe

einer Zeichnung erfolgen kann. Voraussetzung für eine solche Vorgehensweise ist die vollständige Verfügbarkeit aller fertigungsrelevanten Informationen am 3D-Produktmodell sowie deren vollautomatische Auswertung durch die 3D-CAM-Module. Dies scheitert heute z. B. schon daran, dass beispielsweise Passungen am Modell angebracht, aber nicht von der CAM-Software ausgewertet werden können.

Konzepte zur Optimierung von Prozessen müssen somit dahingehend auf ihre Umsetzbarkeit geprüft werden, ob die zum Einsatz kommende Software die notwendige Funktionalität bereits bietet oder ob der Hersteller diese Funktionalität nur in Aussicht gestellt hat. Selbst wenn der volle Funktionsumfang noch nicht zur Verfügung steht, muss sichergestellt werden, dass bei der Realisierung des Konzeptes diesem Umstand insofern Rechnung getragen wird, als es möglich sein muss, kommende Funktionalitäten zu einem späteren Zeitpunkt problemlos zu adaptieren.

6 Gesamtkonzept zur Integration bestehender Systeme und Prozesse in eine neue IT-Struktur

6.1 Allgemeines

Nachdem die Analyse der Ist-Situation abgeschlossen ist und die Wahl der für die Gesamtkonzeption benötigten Softwarekomponenten getroffen wurde, sind die Voraussetzungen geschaffen, um das Konzept inhaltlich festzulegen.

Ziel ist es, eine Gesamtlösung zu schaffen, die die bestehende Arbeitsweise und Infrastruktur in definierten Schritten in eine homogene Gesamtlösung überführt. Sie muss eine signifikante Verbesserung der Prozessabläufe im Unternehmen bewirken und gleichzeitig erlauben, zukünftige Anforderungen und technische Entwicklungen problemlos zu adaptieren. Hierzu wird das Gesamtkonzept auf vier Säulen aufgebaut:

- a) Überarbeitung und Anpassung der IT-Infrastruktur
- b) Einführung eines PLM-Backbones zur zentralen Verwaltung von Produktdaten
- c) Restrukturierung der Prozessabläufe im Unternehmen mit Hilfe von Workflow-funktionen
- d) Klassifizierung und Standardisierung der Produktentwicklung

Dabei ist zu beachten, dass jede dieser Säulen nicht autark betrachtet werden kann, sondern vielmehr die Schritte a) und b) eine Basis dafür schaffen, um die Folgeschritte c) und d) verwirklichen zu können. Somit sind in der späteren Realisierung auch keine Kompromisse hinsichtlich der Auslegung der beiden ersten Säulen möglich. Hier muss eine volle Realisierung erfolgen. Bei c) und d) hingegen können die Implementierungsschritte und auch die Implementierungstiefen abhängig von den wirtschaftlichen und technischen Möglichkeiten des Unternehmens variiert werden. Das lässt für die Realisierung des Gesamtkonzeptes einen großen Spielraum hinsichtlich der einzelnen Realisierungszeitpunkte und der damit einhergehenden finanziellen Belastungen. Damit eröffnet sich die Gelegenheit, jeden Realisierungsschritt mit einer Wirtschaftlichkeitsrechnung zu unterlegen und daraus den Zeitpunkt des Return-On-Investment zu kalkulieren. Die hierdurch ermittelten Kenngrößen dienen zur Festlegung des Zeitpunktes für den nächsten Implementierungsschritt usw.

6.2 Überarbeitung und Anpassung der IT-Infrastruktur

6.2.1 Vereinheitlichung der Betriebssysteme und Hardwareplattformen

Wie in den Abschnitten 2.4 und 2.5 beschrieben, werden die eingesetzten Applikationen auf unterschiedlichen Computersystemen und auch unter verschiedenen Betriebssystemen betrieben. Durch eine Vereinheitlichung beider Komponenten – Betriebssystem und Computerplattform – eröffnet sich die Möglichkeit der Rechnernutzung unabhängig von der jeweiligen Software bei gleichzeitiger Reduzierung der Maintenancekosten für den Betrieb der Gesamtinstallation. Die Analyse der Softwaresysteme hat gezeigt, dass alle eingesetzten Applikationen in den Bereichen Entwicklung/Konstruktion und Fertigung, die heute unter dem Betriebssystem HP-UX betrieben werden, herstellerseitig auch für Windows®-Betriebssysteme angeboten werden. Damit stellt Windows die einzig mögliche Betriebssystemplattform dar, die von allen eingesetzten technischen Applikationen unterstützt wird.

Beachtet werden muss, dass bei der Umstellung von HP-UX auf das Windowssystem die individuell programmierten Zusätze zu Standardapplikationen angepasst werden müssen. Zum einen ist die Nomenklatur für den Zugriff auf Dateiverzeichnisse bei beiden Betriebssystemen unterschiedlich, und zum anderen verwenden die Softwarehersteller bei den applikationseigenen Programmiersprachen (z. B. die Makrosprache von ME10) marginal unterschiedliche Befehlsstrukturen für gleiche Operationen in verschiedenen Betriebssystemen.

Für Serverrechner wird das in diesem Bereich eingesetzte Betriebssystem HP-UX beibehalten. Mit einem Wechsel auf Windows® wäre auch hier eine weitere Vereinheitlichung möglich. Dies würde jedoch die Betriebssicherheit und Systemverfügbarkeit reduzieren, da im Serverumfeld der Betrieb unter HP-UX deutlich stabiler ist. Gleichzeitig bietet HP-UX systemseitig Funktionalitäten zur Optimierung des Datendurchsatzes und der Steuerung von Peripheriegeräten, die auf der Windowsseite nicht zur Verfügung stehen. Somit überwiegen die Vorteile des HP-UX-Betriebssystems in diesem Aufgabenbereich deutlich die Nachteile, die in Form von höheren Anschaffungskosten und einem erhöhten Bedarf an System-Know-how seitens der Systemadministratoren entstehen. Für den Betrieb des PLM-Systems wird ein neuer Serverrechner installiert, der als Metadatenserver fungiert.

Bei den Arbeitsplatzrechnern (Clients) werden die HP-UX-Workstations ersetzt durch leistungsstarke Rechner mit dem Betriebssystem Windows® XP, dem aktuellen Derivat des Windows®-Betriebssystems. Diese Rechnersysteme sind so konfiguriert, dass sie sowohl seitens der Grafikleistung als auch des Arbeitsspeicherausbaus den maximalen Anforde-

rungen der Applikationen genügen. Hiermit ergeben sich pro Arbeitsplatz geringfügig höhere mittlere Kosten als bei individuell konfigurierten Clients. Diese würden jedoch verhindern, dass alle Arbeitsplätze flexibel für alle im technischen Umfeld verwendeten Applikationen nutzbar sind. Gleichzeitig stellt die gewählte Vorgehensweise sicher, dass die Arbeitsplätze auf einem einheitlichen Hardwarestand sind, was die Installation und Konfiguration der Rechner erheblich vereinfacht.

6.2.2 Optimierung der Netzwerkstruktur

In Abschnitt 2.5.1 wurde gezeigt, dass die im Referenzunternehmen eingesetzte Netzwerkstruktur weitgehend der Forderung nach einer Datentransferrate von 100 MBit/sec genügt. Mit dem Austausch der Clientrechner werden auch die letzten Arbeitsplätze eliminiert, die noch über die veraltete 10 MBit-Technologie verfügen. In diesem Zuge ist auch der Ersatz der wenigen noch nicht nach dem Switchingprinzip arbeitenden Netzwerkrouter und Hubs vorzusehen, um durch die Reduzierung des Netzwerkverkehrs pro Netzwerkstrang den Gesamtdurchsatz des Netzes zu optimieren.

6.3 Einführung eines PLM-Backbones zur zentralen Verwaltung von Produktdaten

Die ausgewählte PLM-Lösung „*Teamcenter Engineering*“ aus dem Hause EDS stellt die wesentliche Basistechnologie dar, auf der die Methoden und Detailkonzepte beruhen, die die eigentliche Steigerung der Effizienz und Produktivität im Produktentstehungsprozess des Unternehmens bewirken. Die vorzusehende Modularität des Konzepts stellt sicher, dass die Gesamtlösung in einzelnen in sich abgeschlossenen Teilschritten realisiert werden kann. **Abbildung 6-1** zeigt diesen modularen Aufbau des PLM-Konzepts unterteilt in Funktionsblöcke.

Hieraus ist zu erkennen, dass die Modularität nicht nur die PLM-Standardfunktionen umfasst, sondern auch die kundenspezifischen Anpassungen bzw. Individualprogrammierungen einschließt. Das Schema zeigt auch die Zusammenhänge der Module untereinander. So besteht zwischen dem Dokumentenmanagement und der Klassifizierung eine direkte Verbindung, ohne den Weg über den PLM-Kern oder die Datenbank nehmen zu müssen. Das erklärt sich aus dem Umstand, dass beispielsweise bei der Suche von Dokumenten die Klassifizierung vom Dokumentenmanagement direkt genutzt wird, um einschränkende Kriterien zu definieren, die dann als Suchanfrage an die Datenbank weiter-

geleitet werden. Alle anderen Module kommunizieren ausschließlich über den Datenbankkern miteinander.

Die Legende der **Abbildung 6-1** ist wie folgt zu interpretieren:

Grün:

Standardapplikationen wie CAD- und Bürokommunikationsanwendungen und die PLM-seitig eingesetzte relationale Datenbank. Jede Applikation benötigt eigene Schnittstellen (Interfaces) zum PLM, die teils im Standard verfügbar sind, teils aber auch für den speziellen Anwendungsfall programmiert werden. Mit „Applik.“ sind weitere Applikationen gemeint, die über die im Standard enthaltene Import-/Exportfunktion – also mit minimaler Funktionalität – eingebunden werden.

Blau:

PLM-Softwarekomponenten, die so eingesetzt werden, wie sie herstellerseitig zur Auslieferung kommen, also anpassungsfrei. Hierzu gehören die PLM-Kernfunktionen, aber auch die Schnittstellen zu den Applikationen, die vom gleichen Hersteller stammen, wie beispielsweise die Unigraphics®-CAD- und -CAM-Module.

Blau – Gelb:

PLM-Standardmodule, die jedoch kundenspezifisch angepasst/konfiguriert werden, um den firmeninternen Belangen gerecht zu werden. Workflow und Klassifizierung sowie Teile des Dokumentenmanagements gehören hierzu.

Rot:

Individualsoftware, die für eine nicht im Standardumfang des PLM lösbare Aufgabenstellung entwickelt wird. Insbesondere Funktionen zur Dokumentenausgabe und Schnittstellen zu den eingesetzten Applikationsprogrammen müssen individuell entwickelt werden.

Im Folgenden werden die wesentlichen und für die vorliegende Aufgabenstellung relevanten Merkmale des TCE erläutert, insbesondere die individuellen Konfigurationen, die nötig sind, um die speziellen Anforderungen des Maschinenbaus zu erfüllen. Zur prinzipiellen Handhabung und tiefer gehenden Erläuterungen über die Konfigurierbarkeit des TCE wird an dieser Stelle auf die Literatur des Softwareherstellers verwiesen [22].

Konzept der modularen PLM-Integration

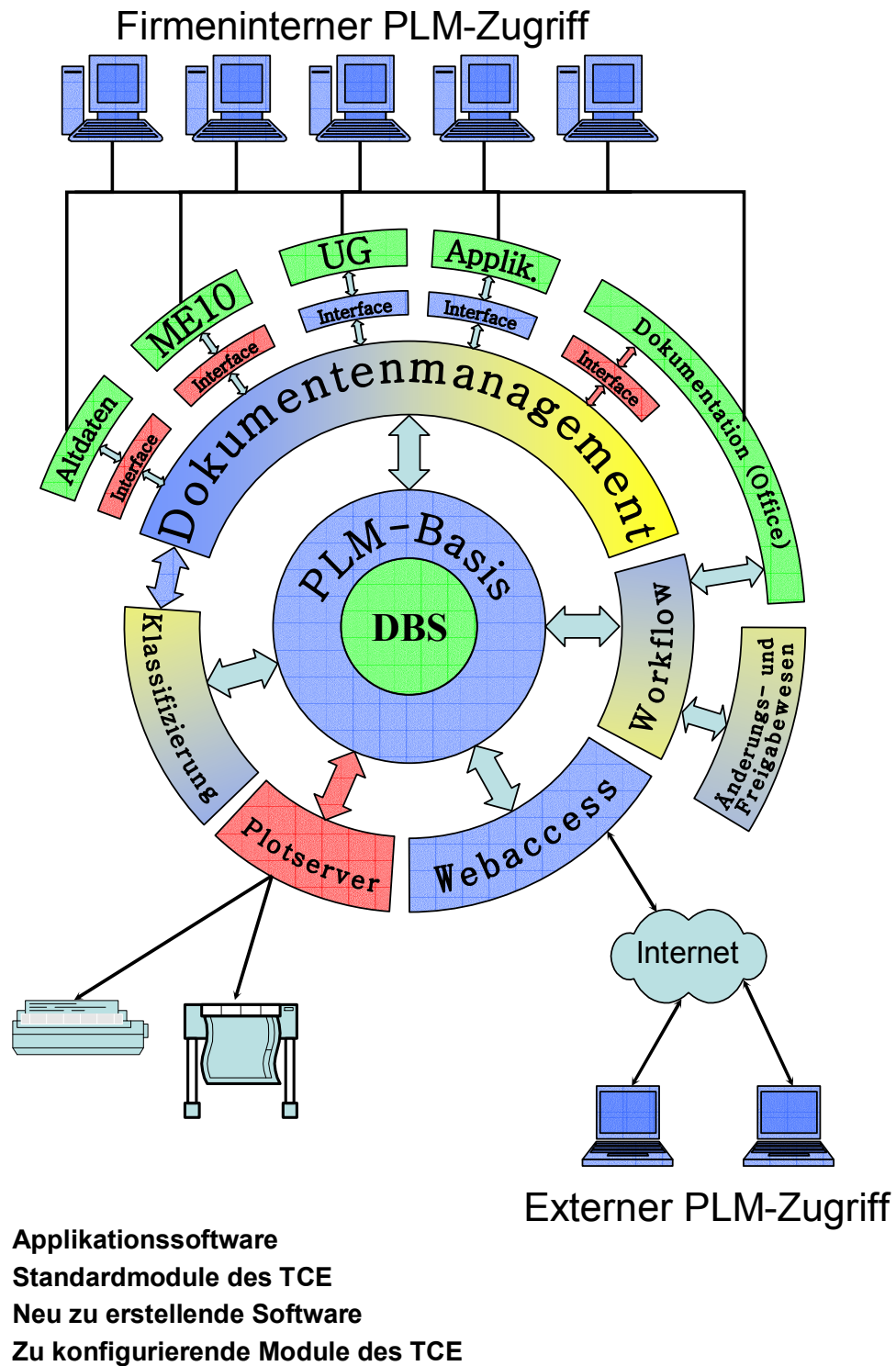


Abbildung 6-1: Architektur des PLM-Konzepts

Die Anwendungsoberfläche des TCE stellt sich dem Benutzer in Form des „TCE-Navigators“ dar. Dieser im Erscheinungsbild einer typischen Windows-Applikation – ähnlich Microsoft® Outlook – erstellte Dialogbildschirm (siehe **Abbildung 6-2**) enthält alle Informationen und Menüpunkte zur „Navigation“ durch das PLM-Systems und durch die Struktur der darin verwalteten Daten. Funktions- und Menüleiste sind verwendbar wie die entsprechenden Funktionsfelder der Microsoftprogramme (z. B. Excel, Word etc.). Durch Anwahl der in der Applikationsleiste sichtbaren Icons⁵² werden die unterschiedlichen Module des PLM-Systems gestartet.

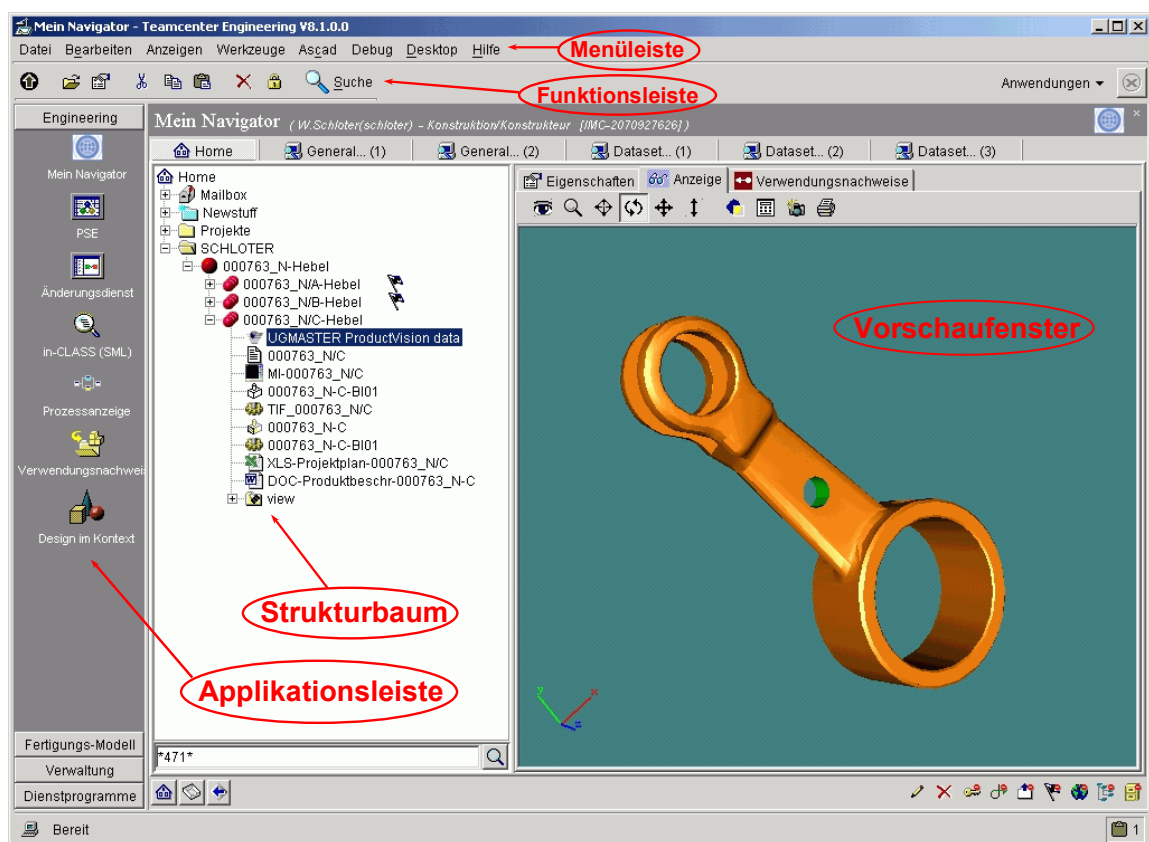


Abbildung 6-2: TCE-Dialogfenster „Navigator“

Im Strukturbaum erfolgt die Anzeige der Objektstruktur zu dem vom Anwender gewählten Objektumfang. Im dargestellten Beispiel ist dies neben dem geschlossenen Ordner (Folder) „Projekte“ der geöffnete Ordner „SCHLOTER“ mit den darin befindlichen Dokumenten. Das selektierte Dokument – erkennbar durch blaue Unterlegung –, in diesem Fall das schattierte 3D-Modell eines Hebels, wird im Vorschaufenster angezeigt.

⁵² Icon – grafische Schaltfunktion in der Benutzeroberfläche

Alle im Strukturbaum vorhandenen Objekte und Dokumente tragen vor ihrer alphanumerischen Bezeichnung ein grafisches Symbol, das den Objekt- bzw. Dokumententyp – genannt Datasettype – kennzeichnet.

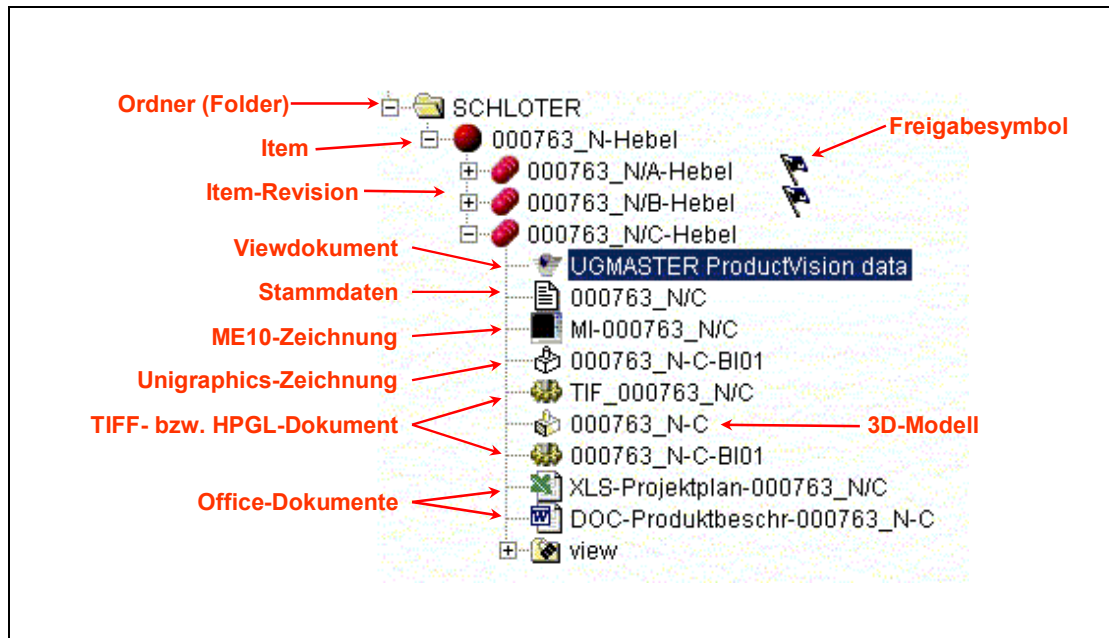


Abbildung 6-3: Objekt- und Dokumentensymbole im TCE

Prinzipiell sind Daten in der Datenbank nur einmal vorhanden. Der Anwender kann sich jedoch beliebige Ansichten dieser Daten erzeugen, indem er die Daten in Folder „kopiert“. Systemintern ist diese „Kopie“ jedoch nur eine Referenz auf das Originalteil, so dass Redundanzen in der Datenbank vermieden werden. In dem in der **Abbildung 6-3** gezeigten Beispiel sind in den Ordner „SCHLOTER“ diverse Elemente „kopiert“. Der Ordner wird durch ein Mappensymbol dargestellt.

Das erste Element in diesem Ordner ist ein so genanntes „Item“, repräsentiert durch eine rote Kugel. Ein Item kann je nach Anwendungsfall ein Einzelteil, eine Baugruppe oder eine Maschine sein. Dabei sind Kauf-, Norm- oder Eigenfertigungsteile auch als Einzelteil zu betrachten. TCE unterstützt unterschiedliche Itemtypen für zugeordnete Objekttypen. Diese Möglichkeit wird aber bei der vorliegenden Aufgabenstellung nicht benötigt. Der Name des Items ist dem Itemsymbol nachgestellt und besteht aus der Teilenummer und dem Teilnamen, getrennt durch einen Bindestrich. Im Beispiel ist das Item ein Einzelteil mit der Teilenummer „000763_N“ und dem Teilnamen „Hebel“. Dem Item können beliebige Attribute – Datasets – zugeordnet werden. Ein Dataset ist in der Regel ein Dokument. Im angeführten Beispiel sind dem Item selbst jedoch keine Attribute zugeordnet, sondern so

genannte Item-Revisions. Die Item-Revisions beinhalten die Revisionsstände des Items und damit des Einzelteils oder der Baugruppe. Das Symbol für eine Item-Revision sind drei hintereinander liegende rote Kugeln; die Revisionsnummer wird mit Schrägstrich vom Namen des Items getrennt. Die Vergabe einer Revisionsbezeichnung kann beliebig konfiguriert werden. Im vorliegenden Beispiel ist ein Buchstabenindex A, B, C gewählt. Genauso kann aber beispielsweise auch mit Zählnummern gearbeitet werden. Unter der jeweiligen Item-Revision befinden sich die zur Revision gehörenden Dokumente (Datasets). Am Dokumentensymbol wird sichtbar, um welche Art von Dataset es sich handelt. So werden beispielsweise TIFF- und HPGL-Dokumente mit dem Zahnradsymbol dargestellt (siehe **Abbildung 6-3**). Handelt es sich bei dem Dataset um eine 2D-Zeichnung, wird dem Namen und Revisionsstand des Dokuments eine Blattnummer angehängt, um die Abbildbarkeit von mehreren Zeichnungsblättern zu einem Teil zu gewährleisten. Die Form der Blattnummer ist wiederum beliebig konfigurierbar, im gewählten Beispiel als „Bl“ und einer nachfolgenden Zählnummer – z. B. Bl01 – definiert.

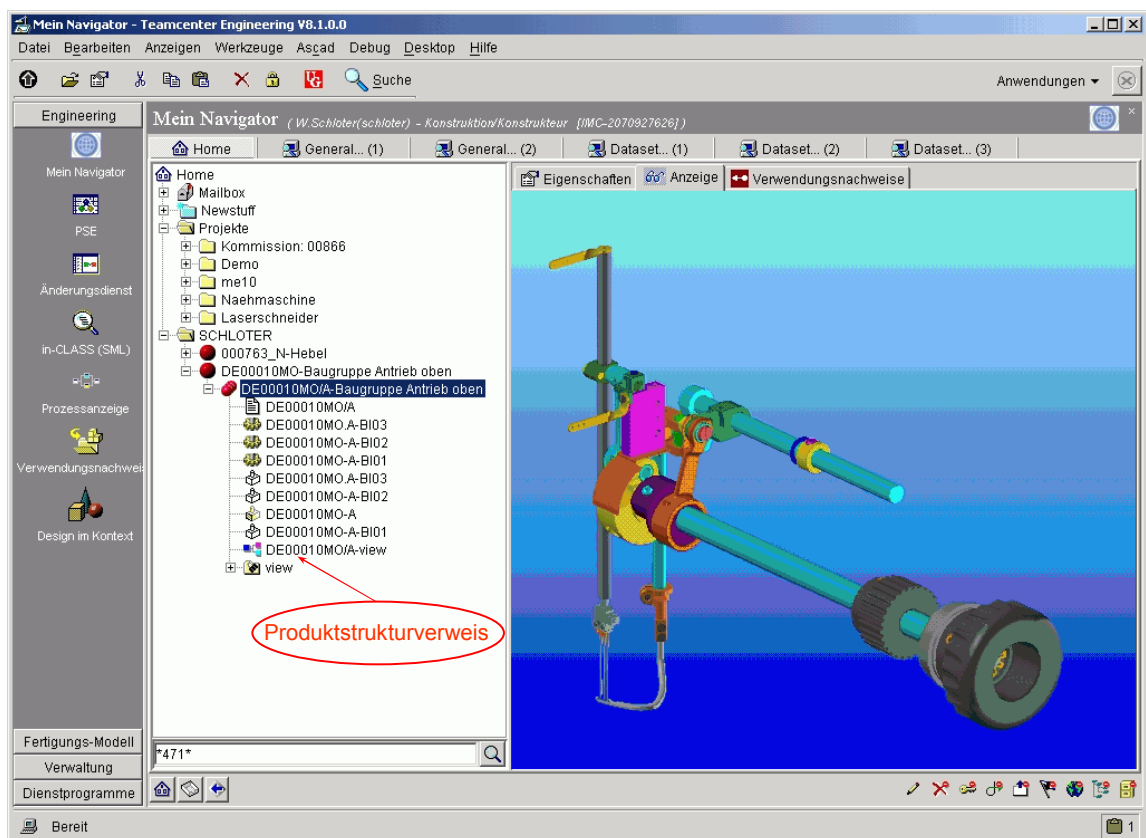


Abbildung 6-4: TCE-Navigator-Darstellung einer Baugruppe

Das Beispiel zeigt, dass die für das Referenzunternehmen benötigten Datasettypen bereits voreingestellt sind. Somit können alle zu einem Objekt gehörenden Dokumente sowohl verwaltet als auch im Previewfenster dargestellt werden. Item-Revisions werden von TCE automatisch erzeugt, sobald ein bestehendes und freigegebenes Objekt geändert und gespeichert wird. Der Status „freigegeben“ der Revision ist durch ein Fähnchen hinter dem Revisionsnamen erkennbar. Handelt es sich bei dem Item oder der Item-Revision um die Repräsentanz einer Baugruppe und sind für diese Baugruppe bereits Inhalte, z. B. Modelle von Einzelteilen oder Unterbaugruppen, angelegt, so erscheint in der Liste der zum Item/Item-Revision gehörenden Datasets ein Eintrag in Form eines Verzweigungssymbols, gefolgt von der Teilenummer und dem Zusatz „view“ (siehe **Abbildung 6-4**). Die Selektion dieses Datasets startet den „Product Structure Editor“ (PSE⁵³), ein eigenständiges PLM-Modul. Anschließend lädt das System die Baugruppe in dieses Modul und visualisiert die Struktur.

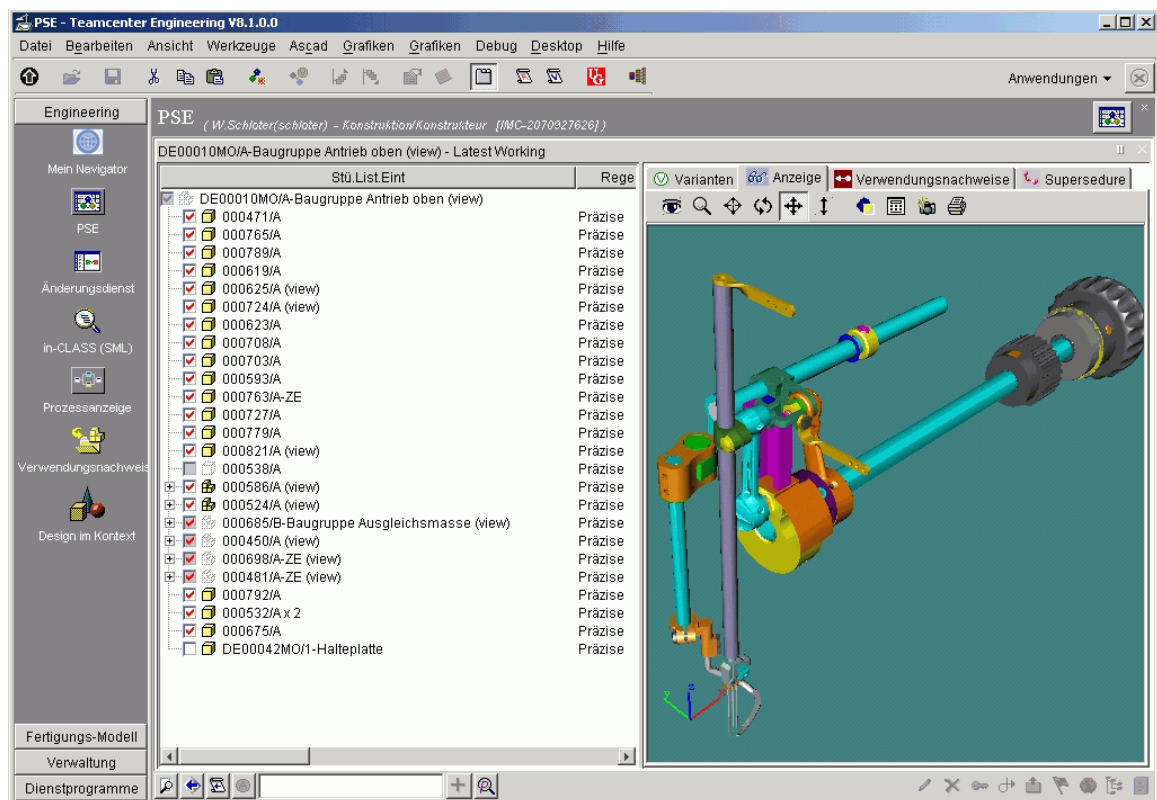


Abbildung 6-5: Produktstrukturdarstellung im PSE-Modul

Diese Strukturdarstellung beinhaltet die Namen und Revisionsstände der Einzelteile sowie Unterbaugruppen und gibt dem Anwender die Möglichkeit, durch eine Ein-/Ausblend-

⁵³ PSE – Product Structure Editor (Produktstruktureditor)

funktion zu jedem Objekt – angezeigt durch einen roten Haken, siehe **Abbildung 6-5** – die im Vorschaufenster sichtbaren Komponenten der Baugruppe einzugrenzen.

Zu jedem Item/Item-Revision gehören Stammdaten, die in einem eigenen Dataset gehalten werden. Wird dieses Dataset – erkennbar an dem Papiersymbol – selektiert, so erscheint im Vorschaufenster die Stammdatenmaske.

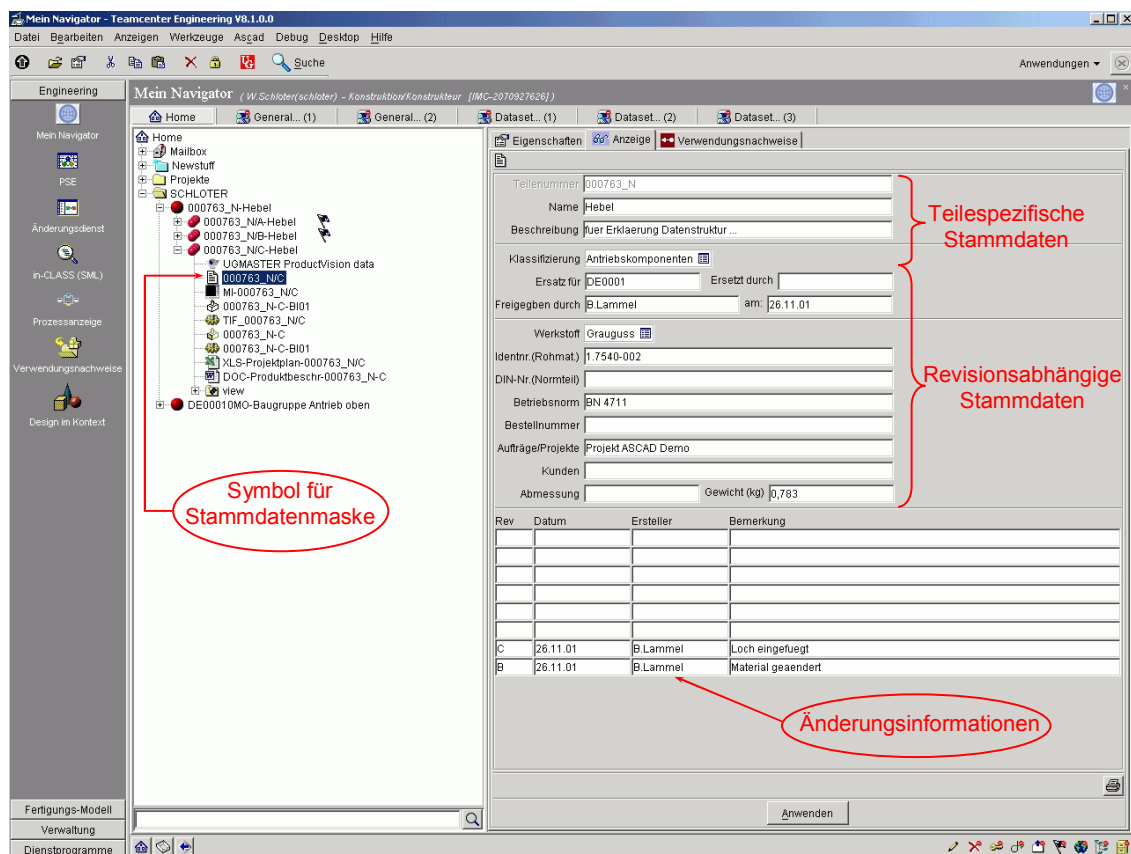


Abbildung 6-6: Stammdatenmaske

Das Erscheinungsbild dieser Maske ist frei konfigurierbar. Das Beispiel in **Abbildung 6-6** zeigt eine Darstellung, in der sowohl die teilespezifischen als auch die revisionsabhängigen Stammdaten zusammen mit den Änderungsständen in einem Blatt dargestellt sind. Diese Darstellungsform ist für den Anwendungsfall beim Referenzkunden optimal, da sie einen ganzheitlichen Überblick über die Attribute und die Änderungsstände des Einzelteils oder der Baugruppe zeigt, ohne dass der Anwender mehrere Masken anwählen muss. Über die Rechtezuordnung für Benutzer oder Benutzergruppen (vgl. **Abbildung 6-8** und **Abbildung 6-9**) lässt sich der Zugriff auf einzelne Felder der Stammdatenmaske steuern. So erfolgt eine gezielte Kontrolle darüber, dass Felder, die das System automatisch ausfüllt, nicht durch unautorisierten Zugriff von Anwendern überschrieben werden. Erfolgt beispielsweise

die Freigabe eines Teils durch einen dazu berechtigten Anwender, wird dies durch eine vom System veranlasste Eintragung in die entsprechenden Felder der Stammdatenmaske protokolliert. Diese Felder können dann nicht mehr von anderen Benutzern – außer denen mit entsprechenden Änderungsrechten – überschrieben werden.

Diese Rechtesteuerung erfolgt über einen Rechteschlüssel, der für jeden Benutzer und jede Benutzergruppe im System hinterlegt ist. Dies geschieht über die Organisationsmaske des PLM-Systems (siehe **Abbildung 6-7**). Hier können sowohl beliebige Benutzergruppen als auch Rollen angelegt und die Anwender diesen zugeordnet werden.

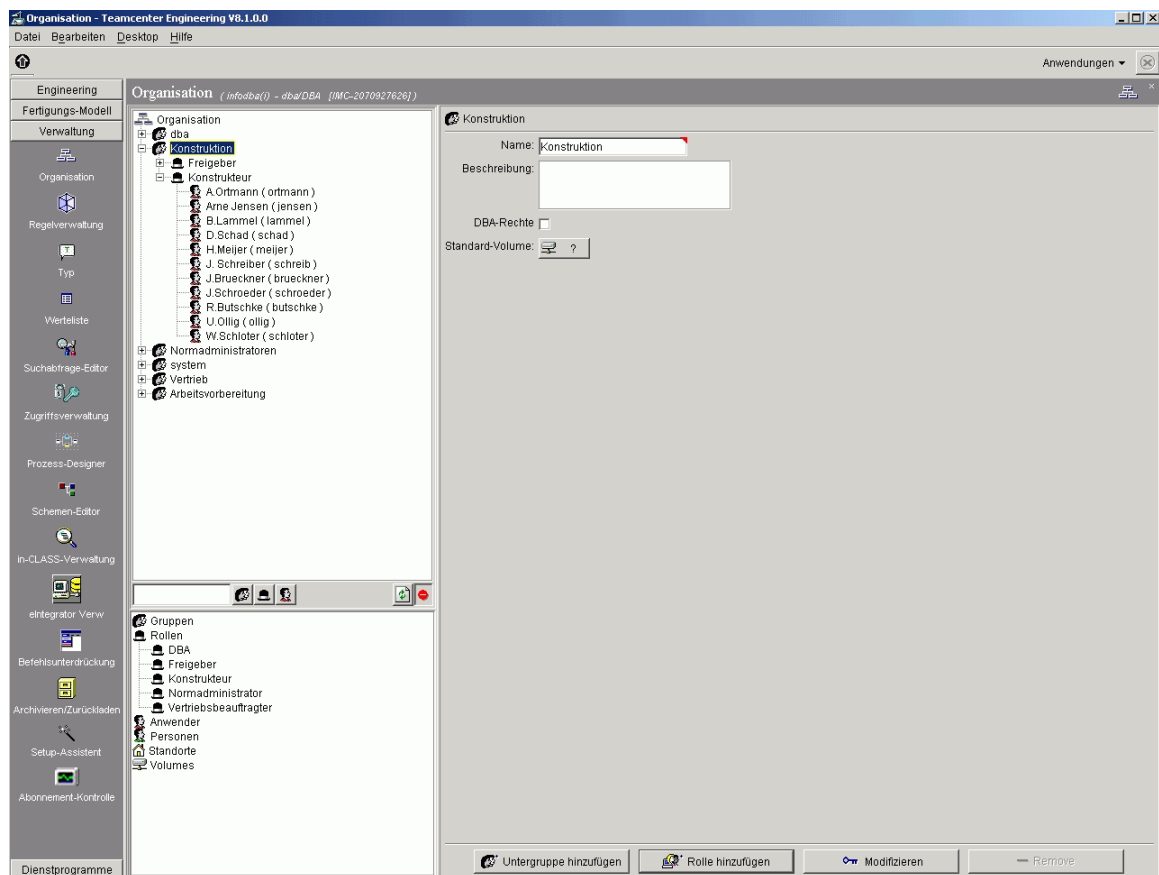


Abbildung 6-7: Benutzerverwaltung im PLM-System

Im dargestellten Beispiel existiert eine Gruppe „Konstrukteur“ innerhalb der Rolle „Konstruktion“, der eine Reihe von Anwendern zugeordnet ist. Hinter dem jeweiligen Anwendernamen, der gleichzeitig der Anmeldename im System ist, ist in Klammern das Benutzerkennwort des Anwenders vermerkt, das er für den Zugang zum System ebenfalls benötigt. Da diese Informationen vertraulich sind, darf die Benutzerverwaltung nur von Personen gehandhabt werden, die entsprechende Administratorenrechte – dba-Rechte

(Datenbankadministratorenrechte) – besitzen. Neben den Konstrukteuren gehört der Rolle „Konstruktion“ auch die Benutzergruppe der „Freigeber“ an.

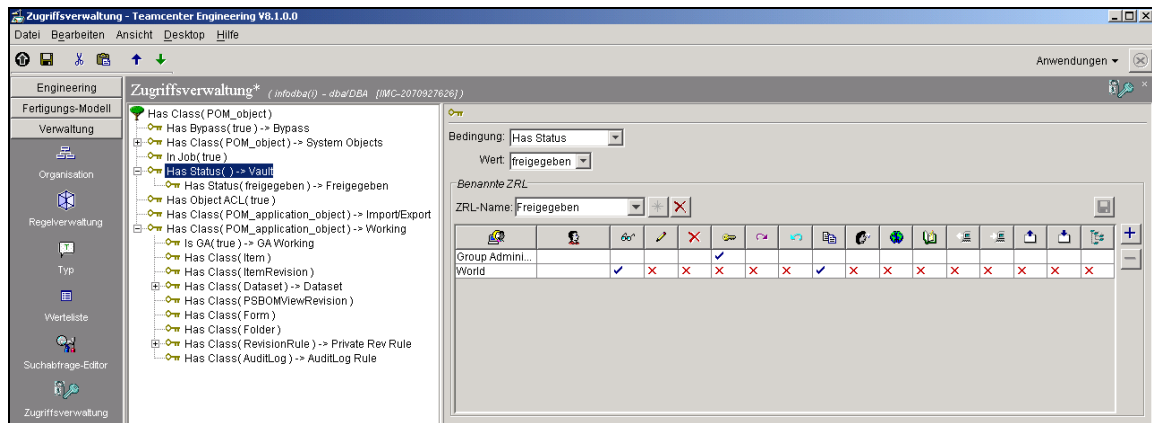


Abbildung 6-8: Maske der Zugriffsverwaltung

Die Gruppen- und Rollenanordnung ist beliebig definierbar und somit an das Organisationschema des jeweiligen Unternehmens anzupassen. Die eigentliche Rechtematrix für die einzelnen Gruppen, Rollen und Benutzer erscheint in der Maske für die Zugriffsverwaltung. Diese Maske (siehe **Abbildung 6-8**) erlaubt die Rechtedefinition separat für jede Art des Systemzugriffs und steuerbar über alle Benutzer und Objektstati.

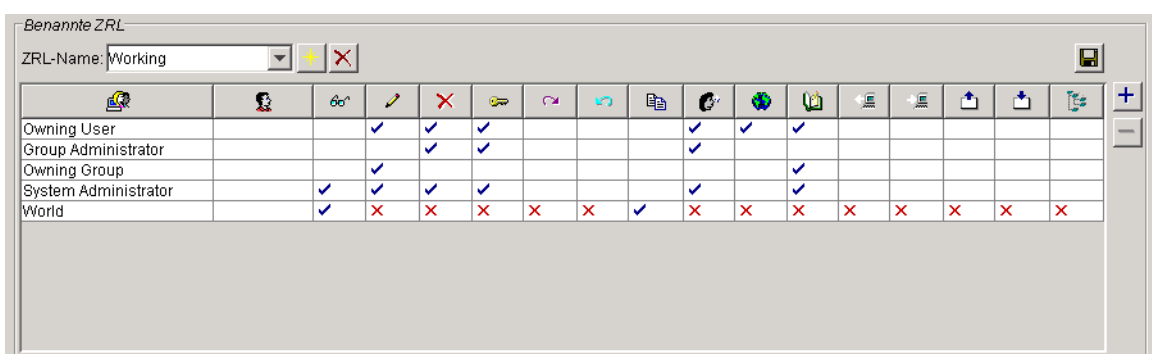


Abbildung 6-9: Rechtedefinition für Benutzergruppen und Rollen

So kann beispielsweise jeder Benutzer, der der Zugriffsrechteliste (ZRL) „Working“ angehört und für den keine weiteren dedizierten Zugriffsrechte vergeben sind, alle Funktionen ausführen, die unter der Rubrik „World“ zugelassen sind. Im Beispiel der **Abbildung 6-9**

sind dies Lese- und Kopierrechte, was an den blauen Häkchen unter dem Lesesymbol (Brille) und dem Kopiersymbol (Doppelordner) zu erkennen ist.

Auch die Suche nach Objekten in der Datenbank des PLM-Systems unterliegt den Rechten des jeweiligen Benutzers. Über die Suchfunktion in der Menüleiste des „Navigators“ kann nach bestimmten Objekttypen gesucht werden. In der Standardumgebung (siehe **Abbildung 6-10**) sind dies die Typen Item, Item-Revision und eine Auswahl von Datasets. Diese Liste ist wiederum kundenspezifisch konfigurierbar.

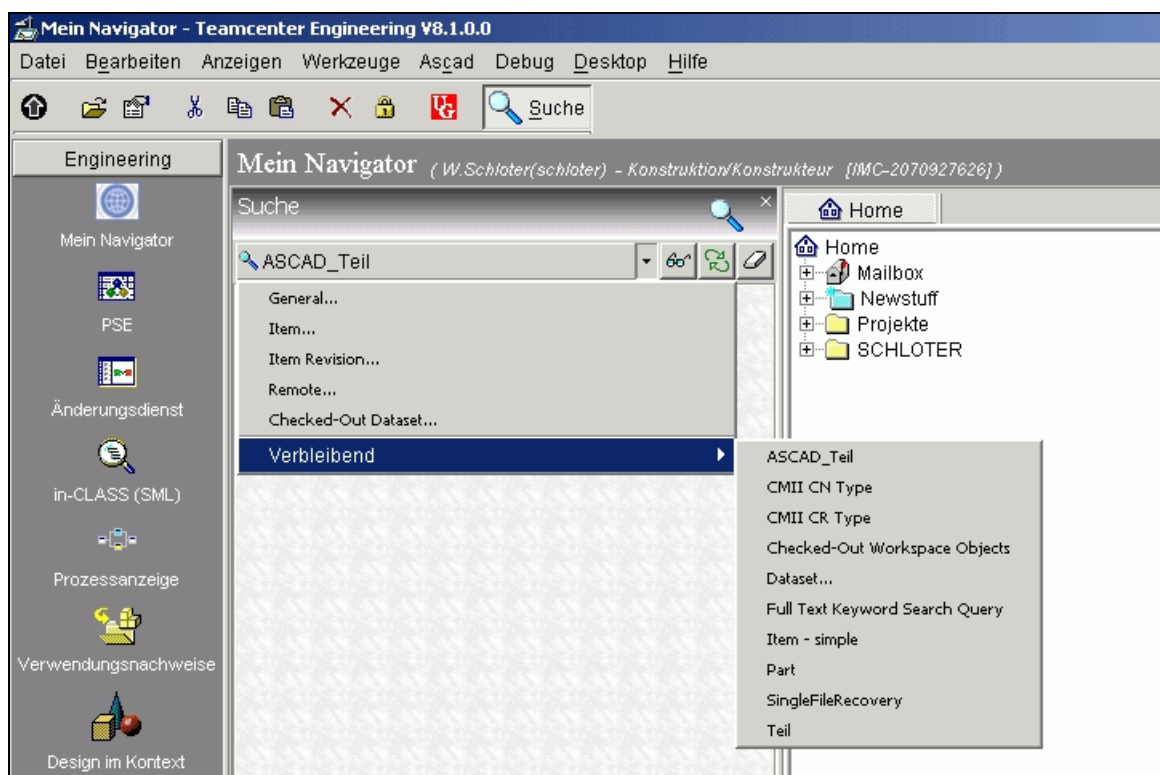


Abbildung 6-10: Standard-Suchmaske des TCE

Konzeptionell ist hier die komfortable Suche über alle Felder der Stammdatenmaske vorzusehen, da sich hierin die Gesamtheit der für das Referenzunternehmen relevanten Objekte widerspiegelt.

6.4 Verschmelzung von 2D- und 3D-Prozess über das PLM-Backbone

Mit der Einführung von 3D-CAD-Technologie ist im Unternehmen die Entscheidung gefallen, zukünftige Produktentwicklungen ausschließlich mit dieser neuen Technologie durchzuführen. Da aber in nahezu jedem neuen Produkt auch bereits bestehende Teile, Baugruppen oder Funktionseinheiten Verwendung finden, liegen für diese Komponenten die Konstruktionszeichnungen im 2D-System vor, in Ausnahmefällen auch noch in Form von verfilmten Transparenten (Mikrofiches). Um die Neuentwicklung in 3D ausführen zu können, müssen diese Komponenten im 3D-System modelliert werden. Es entsteht somit ein doppelter Aufwand, der bei der Projektplanung für eine Neuentwicklung berücksichtigt werden muss. Dieser Aufwand wird durch die Übernahme von 2D-Geometrien aus ME10 etwas verringert. Mit den standardisierten Datenaustauschformaten DXF und IGES, die sowohl für ME10 als auch für Unigraphics® verfügbar sind, werden zweidimensionale Ansichten von Teilen auf die 3D-Seite übertragen; hieraus erfolgt durch Ergänzung der dritten Dimension der Aufbau des eigentlichen Modells. Der Zeitgewinn, verglichen mit dem kompletten Neubeginn in 3D, ist relativ gering. Aufgrund der unterschiedlichen Systemgenauigkeiten zwischen 2D und 3D müssen die Konturdaten vor der Modellierung nachbearbeitet und oftmals ergänzt werden. Dieser zusätzliche Aufwand ist verantwortlich dafür, dass der Zeitgewinn durch die Übernahme bestehender Geometrien nahezu komplett aufgebraucht wird.

Änderungen an bestehenden Produkten sind auch zukünftig nur sinnvoll in dem System durchzuführen, in dem das Produkt ursprünglich entwickelt wurde. Neuere Komponenten somit im 3D, der größte Teil aller Komponenten – heute > 80 % – jedoch im 2D. Die Überführung von ganzen Produkten in die neue 3D-Technologie, nur um den Vorteil des schnelleren Änderungsdienstes nutzen zu können, lässt sich wirtschaftlich nicht verantworten. Daraus resultiert, dass auch auf lange Sicht die 2D-Technologie nicht vollständig ersetzt werden kann.

Je nach Anwendungsfall besteht aber die Möglichkeit, beide Technologien sinnvoll miteinander zu verbinden. Das soll an folgendem Beispiel erläutert werden:

Für die Entwicklung eines neuen Anlagentyps wird eine Baugruppe benötigt, die bereits in anderen Anlagen ihre Funktionalität und Betriebssicherheit bewiesen hat. Diese Baugruppe stellt eine in sich abgeschlossene Funktionseinheit dar, für deren Integration in die Gesamtanlage lediglich die Anschlussmaße und der Raumbedarf zu berücksichtigen sind. Alle für die Herstellung dieser Funktionseinheit notwen-

digen Daten liegen vor, eine Modellierung in 3D bringt somit keinen fertigungsrelevanten Nutzen. Der Rest der Anlage wird aufgrund der Neuentwicklung in 3D erstellt. Der volle Nutzen von 3D-Technologie erschließt sich nur, wenn die Gesamtanlage in dieser Technologie aufgebaut ist. Es gilt also abzuwägen, ob die Vorteile der Durchgängigkeit es rechtfertigen, eine komplette Funktionseinheit in 3D nachzumodellieren, oder ob aus wirtschaftlicher Sicht die Koexistenz beider Technologien innerhalb eines Entwicklungsprojektes sinnvoll ist.

Das beschriebene Beispiel ist durchaus realistisch und stellt einen häufig auftretenden Sachverhalt dar. Der Kompromiss zur Lösung dieses Problems besteht darin, auf die Nachmodellierung der bestehenden Baugruppe zu verzichten und lediglich deren äußere Abmessungen – sozusagen die Hülle der Baugruppe – in 3D zu modellieren. Dieses Hüllmodell repräsentiert dann innerhalb der Gesamtanlage die Funktionseinheit selbst. Im PLM-System wird es auch behandelt wie eine Baugruppe, mit der Ausnahme, dass die zugehörigen Dokumente, wie beispielsweise Zeichnungen, nicht als Ableitung des 3D-Modells hinterlegt werden, sondern ein Verweis direkt auf die bestehenden ME10-Zeichnungen besteht. Mit diesem „Trick“ wird keine durchgängige Modellkonsistenz erreicht, aber die Summe der für die Anlage relevanten Dokumente ist vollständig und datentechnisch zum Produkt gehörend.

Die Voraussetzung für die Realisierung dieser Vorgehensweise ist jedoch, dass all diese Dokumente, unabhängig von ihrer Datenquelle, auf die gleiche Art und Weise im PLM verwaltet werden. Die Mechanismen für die Handhabung von 3D-CAD-Modellen dürfen sich somit nicht von denen der ME10-Zeichnungen oder denen der in Form von verfilmten Transparenten vorliegenden Zeichnungen unterscheiden. Damit kommt der Integration dieser Dokumententypen eine besondere Bedeutung zu. Sie muss die nachfolgenden grundlegenden Funktionen zur Verfügung stellen:

- *Implizierter Start des CAD-Systems*

Die Anwahl einer PLM-Funktion „Dokument bearbeiten“ muss den Start der Applikation auslösen, mit der das Dokument erzeugt wurde oder zu bearbeiten ist. Wird beispielsweise eine in ME10 erstellte Zeichnung im PLM zur Bearbeitung selektiert, so startet automatisch die Applikation ME10 und lädt die Zeichnung. Gesteuert wird dieser Prozess über die Namenskonventionen der einzelnen Dokumententypen. So trägt der Name eines ME10-Dokuments grundsätzlich die Endung „.mi“. Ein Dokument mit dieser Namensendung wird vom PLM-System prinzipiell so interpretiert, dass die Datei mit der Applikation ME10 zu starten ist. Gescannte Informationen tragen die Namensendung „.tif“. Diese werden entsprechend mit einer Applikation

geladen, die für Rasterdatenbearbeitung ausgelegt ist, beispielsweise Adobe-Photoshop. Welche Applikation zu welchen Datentypen „passt“, ist frei einstellbar. Damit besteht die Möglichkeit, das Bearbeitungsprogramm für bestimmte Dateitypen zu wechseln oder unterschiedliche Dateitypen mit der gleichen Applikation zu bearbeiten.

- *Viewing von Dokumenten*

Die Selektion eines Dokuments im PLM führt dazu, dass das selektierte Objekt in einem Vorschaufenster angezeigt wird. Hierzu verwendet das PLM-System eine Viewingsoftware, die in der Lage ist, unterschiedlichste Datenformate zu visualisieren. Der im TCE eingesetzte „Portal Viewer“ beispielsweise kann neben den gängigen Grafikformaten (TIFF, JPEG⁵⁴, GIF⁵⁵, etc.) auch direkt das ME10-Format anzeigen. Ist der Viewer nicht in der Lage, die selektierten Daten direkt anzuzeigen, weil er das entsprechende Format nicht unterstützt, so muss für diesen Dokumententyp zu jedem Dokument eine zweite Datei angelegt werden, die ausschließlich die grafische Repräsentanz des Originals abbildet. In der Applikation Unigraphics® beispielsweise lässt sich eine Option im Speichermenü aktivieren, die bei der Speicherung der Modelldatei automatisch eine so genannte „JT“-Datei erzeugt. Sie repräsentiert das im Viewer darstellbare Abbild des Originalmodells.

- *Unterstützung von Baugruppenstrukturen*

Die im CAD-System entstehende Baugruppenstruktur ist im PLM sichtbar und editierbar. TCE stellt hierfür ein dediziertes Modul zur Verfügung, das sich PSE nennt. Im PSE wird die Struktur des Unigraphics® -3D-Modells dargestellt und kann mit diesem Werkzeug bearbeitet werden. Damit lässt sich beispielsweise die Position eines Einzelteils innerhalb einer Baugruppenstruktur beliebig verschieben.

- *Stücklistenhandling*

Die automatische Erstellung von Stücklisten anhand der Informationen der Dokumentenstruktur aus dem PLM-System muss innerhalb des CAD-Systems unterstützt werden.

- *Schriftfeld- und Zeichnungsrahmenverwaltung*

Die Informationen des Schriftfeldes lädt das CAD-System aus den Metadaten des PLM, zusammen mit der Zeichnungsdatei. Ebenso wird der Zeichnungsrahmen separat im PLM verwaltet. Damit ist sichergestellt, dass bei der Änderung von Meta-

⁵⁴ JPEG – Joint Photographic Experts Group, Grafikdatenformat

⁵⁵ GIF – Graphics Interchange Format, Grafikdatenformat

daten außerhalb des CAD-Systems sich diese Änderungen beim nächsten Laden der Zeichnung automatisch aktualisieren. Gleichzeitig wird erreicht, dass beispielsweise ein Einzelteil in einer Baugruppe verwendet werden kann, ohne dass vor der Verwendung der Rahmen und das Schriftfeld aus der Zeichnung entfernt werden müssen.

- *PLM-Funktionszugriff innerhalb des CAD-Systems*

Bestimmte PLM-Funktionen sind innerhalb des CAD-Systems ausführbar. Der Speicherbefehl für eine Datei ist im Menübaum der CAD-Applikation abgelegt und startet im Hintergrund den PLM-Speicherdialog. Damit werden unnötige Programmwechsel zwischen CAD und PLM vermieden.

6.4.1 Überführung der Altdatenbestände (Mikrofiches) in digitale Daten

Die in Form von Mikrofiches vorliegenden Altzeichnungsdaten müssen digitalisiert und in einer eigenen Klasse des PLM-Systems hinterlegt werden. Die Digitalisierung erfolgt durch einen externen Dienstleister, der über eine spezielle Digitalkamera die Mikrofiches abscannt und in ein TIFF-Format überführt. Als eindeutiger Identifikator des Dokuments dient die Zeichnungsnummer. Sie muss zusammen mit den beschreibenden Zeichnungsdaten wie Erstellungsdatum, Revisionsindex etc. aus dem Schriftfeld der Zeichnung in die Dokumentenmaske des PLM-Systems übertragen werden. Hierzu müssen diese Daten als separater Datensatz vorliegen. Bei den Mikrofiches, die bereits über einen Hollerithcode verfügen, sind diese Informationen im Hollerithcode enthalten. Der Mikrofichescanner ist in der Lage, diesen Code auszulesen und die Daten in Form einer CSL⁵⁶-Datei auf einem Datenträger zu speichern. Bei den Mikrofiches, die nicht über einen Hollerithcode verfügen, müssen die Schriftfeldinformationen manuell in eine CSL-Liste übertragen werden. Die TIFF-Daten werden zusammen mit den CSL-Dateien auf CDs gebrannt, von wo sie über spezielle Importroutinen in die PLM-Datenbank eingelesen werden. Wird dieser Aufwand nicht betrieben, so ist eine einheitliche Dokumentensuche über alle Dokumentenklassen – einschließlich der Altdatenklasse – nicht möglich, da die für die Dokumentensuche relevanten Informationen in einheitlicher Form vorliegen müssen.

Es ist wichtig, in diesem Zusammenhang zu erwähnen, dass das gewählte Verfahren ausschließlich dazu dient, eine Vereinheitlichung der Verwaltung aller Dokumente zu erreichen und somit sicherzustellen, dass beliebige Such- und Listingfunktionen alle Dokumente umfassen, die für das entsprechende Produkt verfügbar sind. Eine Weiterverarbeitung der

⁵⁶ CSL – Comma Separated List (Durch Kommata getrennte Liste mit Datenfeldern)

gescannten Altdaten als Grundlage für konstruktive Änderungen wird dadurch nicht geschaffen. Das ist auch nur bedingt sinnvoll, da die Qualität der gescannten Daten hinsichtlich ihrer Maßhaltigkeit als Grundlage für eine CAD-Bearbeitung in der Regel nicht ausreichend ist. Für das CAD-System ist aus den gescannten Daten keine „Logik“ erkennbar. Maße werden nicht aus der Bemaßung der Zeichnung interpretiert, sondern aus der Geometrie der Rasterdaten abgeleitet. Resultierend aus der geringen Auflösung des Scanners, den Ungenauigkeiten der ursprünglichen Tuschezeichnung und dem Papierverzug der seinerzeit verfilmten Zeichnung, ist die Maßhaltigkeit dieser Rasterdaten unzureichend. Auch maßstabsbedingte Abweichungen von Sollmaßen sind nicht automatisch erkennbar. Dennoch gibt es einige Anwendungsfälle, in denen gescannte Zeichnungen als Orientierung für CAD-Objekte dienen können. Zum Beispiel ist die digitalisierte Grundrisszeichnung einer Halle durchaus brauchbar, um die Einbaubedingungen einer in CAD erstellten Anlage in der Halle zu untersuchen. Zu diesem Zweck wird die Grundrisszeichnung nach der Digitalisierung für ihre Weiterverwendung überarbeitet. Es müssen der Zeichnungsrahmen und das Schriftfeld entfernt und als separate Information abgelegt werden. Die Zeichnung wird dann prinzipiell so gehandhabt, wie ein Zeichnungsverwaltungssystem 2D-CAD-Zeichnungen bearbeitet (vgl. 4.2). Deshalb benötigen CAD-Systeme eine Funktion zur Rasterdatenbearbeitung. Mit dieser Funktionalität ist es möglich, sowohl im 2D- als auch im 3D-CAD-System Dokumente zu bearbeiten, die in einem Rasterformat – im Allgemeinen TIFF – vorliegen.

6.4.2 Einbindung der ME10-Daten

Der größte Teil aller im Referenzunternehmen vorhandenen Engineeringdokumente sind 2D-Zeichnungen, die mit ME10 erstellt wurden. Diese werden auch langfristig nicht vollständig durch andere Datenformate ersetzt (vgl. 6.4). Somit ist das ME10-Dokument eines der wichtigsten zu verwaltenden Dokumente und muss entsprechend seiner Priorität mit einer tief gehenden Integration zum PLM versehen sein. Gleichzeitig stellt ME10 aufgrund seiner Softwarearchitektur jedoch besondere Anforderungen an eine Integration. Der Aufwand zur Erstellung einer ME10-Schnittstelle ist deutlich größer als bei den meisten anderen Systemen; daher kann ihre Realisierung als Übermenge für andere Kopplungen zu 2D-CAD-Systemen betrachtet werden. Um den Aufbau der Schnittstelle zu ME10 zu verdeutlichen, wird die Applikation zunächst unter den Gesichtspunkten beleuchtet, die für die Systemkopplung relevant sind. Hierbei sind weniger die vielfältigen konstruktiven Möglichkeiten des Programms gemeint, die letztlich den Erfolg des Produktes auf dem Weltmarkt ausgemacht haben, sondern vielmehr die Datenstrukturen und Softwarearchitektur, die ME10 auszeichnen.

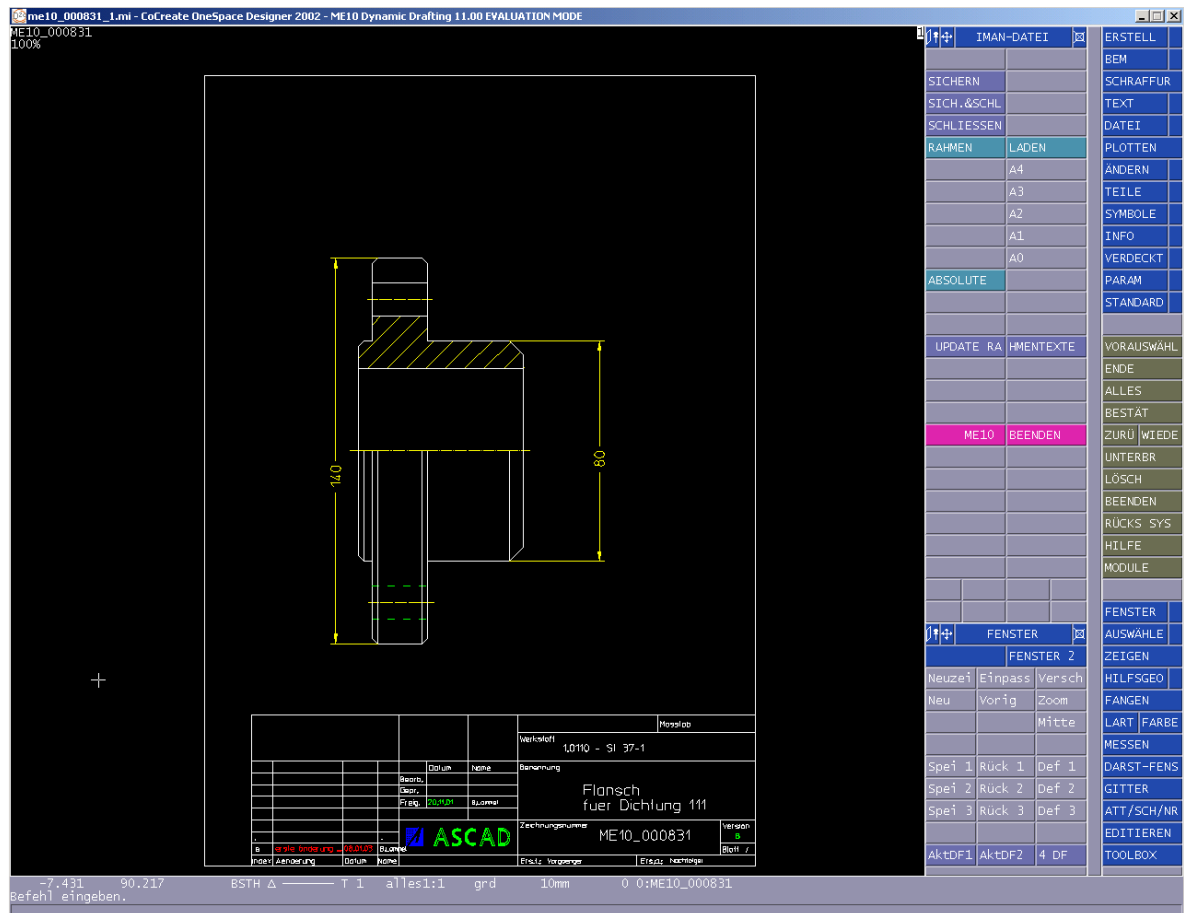


Abbildung 6-11: Benutzeroberfläche des CAD-Systems „ME10“

ME10 wurde ursprünglich unter einem proprietären Betriebssystem mit dem Namen „Pascal“ unter der gleichnamigen Programmiersprache entwickelt und später auf das Betriebssystem HP-UX überführt. Mit dieser Portierung erfolgte eine Reprogrammierung in einer zu diesem Zeitpunkt modernen Programmiersprache, „C“. Im Verlauf der Weiterentwicklung des Produktes folgte eine Adaption auf das Windows®-Betriebssystem. Da ME10 ein grafikorientiertes Softwareprogramm ist, mussten auch die Grafikroutinen umgestellt werden. Bei dieser Umstellung fand jedoch keine Portierung auf gängige, im jeweiligen Betriebssystemumfeld standardisierte Grafiks subsysteme statt. Die historisch eingesetzte „Starbase-Grafik-Bibliothek“ fand weiterhin Verwendung; sie wurde lediglich an die jeweiligen Betriebssysteme angepasst. Daher stellt sich ME10 in seiner Ursprungsform dem Benutzer auch unabhängig vom verwendeten Betriebssystem in jeweils gleicher Form dar. Die Benutzeroberfläche ist identisch, und die alternativen Eingabeoptionen – Maussteuerung, Tablettsteuerung und alphanumerische Eingaben in der Befehlszeile – sind ebenfalls gleich. Ein Blick auf die Benutzeroberfläche zeigt (siehe **Abbildung 6-11**), dass keinerlei Ähnlichkeit mit heutigen Windowsoberflächen besteht [23]. Alphanumerische Befehlsmenüs finden Verwendung, Windows-Icons fehlen völlig. Die Ursache hierfür liegt in

den ME10-Programm- und Datenstrukturen, die auch verantwortlich für die Komplexität der Applikationsschnittstelle sind. ME10 verwendet zur Verwaltung aller Datenelemente dynamische Listen. Die Datenstruktur ist hierarchisch aufgebaut, was in **Abbildung 6-12** anhand eines einfachen Beispiels dargestellt ist. Ausgehend von der obersten Hierarchiestufe, der Flächenliste, verzweigt die Struktur auf die Liste der Linienelemente und schließlich auf die Punkteliste, die die unterste Stufe der Hierarchie bildet. In der untersten Ebene ist jedem Punkt ein Koordinatenpaar zugeordnet. Die darüber liegenden Linien erhalten keine direkte Koordinatenzuordnung für die Linienendpunkte, sondern die Referenz auf die sie beschreibenden Punkte. Der Vorteil dieser Vorgehensweise liegt in der Tatsache begründet, dass es durch diese Datenstruktur möglich ist, einen geschlossenen Konturzug aus Linienelementen zu erkennen, ebenso assoziative Zusammenhänge zwischen beispielsweise Geometrie und Bemaßung. Wird ein Punkt in seinen Koordinaten verändert, bleibt somit die Assoziativität zu den anhängenden Elementen – in der Regel Schraffuren und Bemaßung – erhalten. Dieser Sachverhalt hat für die tägliche Arbeit eines Konstrukteurs entscheidende Vorteile, insbesondere bei Änderungen an bestehenden Konstruktionen.

Die Datenstruktur unterscheidet sich damit deutlich von moderneren Softwarearchitekturen, die heute auf Basis von objektorientierten Verknüpfungen arbeiten. Damit ist auch die Vorgehensweise für die Integration in eine PLM-Lösung nicht mit den üblichen Softwareschnittstellensprachen zu bewerkstelligen, wie beispielsweise OLE⁵⁷ oder DDE⁵⁸. Es muss vielmehr auf die ME10-eigenen Möglichkeiten der Programmierung zurückgegriffen werden.

⁵⁷ OLE – Object Linking and Embedding (Verbinden und Einbetten von Objekten)

⁵⁸ DDE – Dynamic Data Exchange (Dynamischer Datenaustausch)

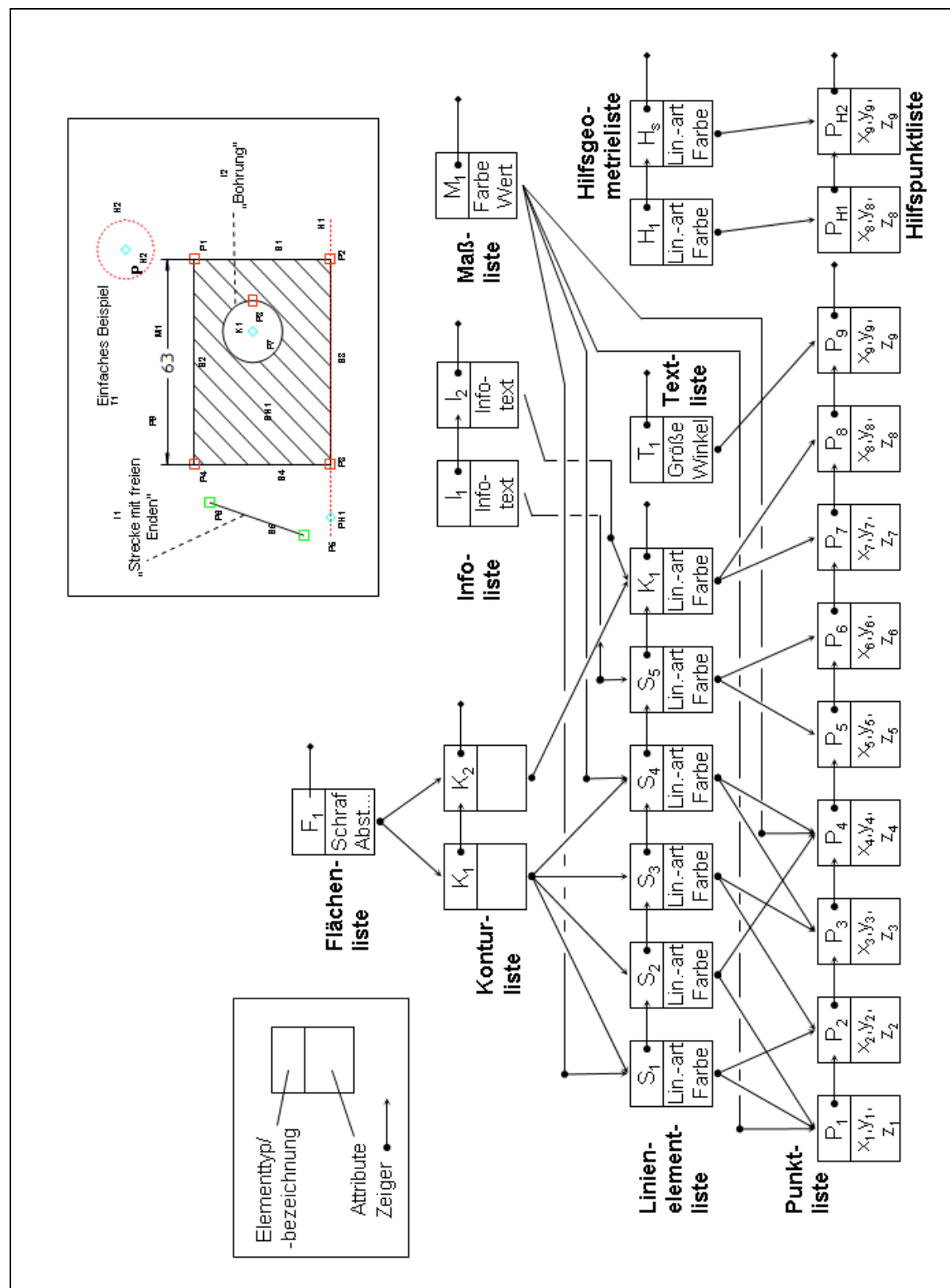


Abbildung 6-12: Datenstruktur des CAD-Systems „ME10“ [24]

ME10-Makroprogrammierung

Die ME10-Makrosprache ist eine eigenentwickelte, also nur in Verbindung mit ME10 einsetzbare Programmiersprache. Ähnlich den bekannten Basic-Sprachen, werden auch bei der ME10-Makrosprache die Programmschritte zur Laufzeit des Makros interpretiert und ausgeführt. Es handelt sich somit um eine so genannte Interpretersprache, die den Vorteil hat, dass der erstellte Programmcode sehr schnell getestet und geändert werden kann. Nachteilig wirkt sich das Interpreterverfahren auf die Verarbeitungsgeschwindigkeit der Programme aus. Ursprünglich war die Sprache konzipiert, um dem Anwender eine Möglichkeit zu schaffen, immer wiederkehrende Routinen durch ein Makro zu automatisieren. Daher umfasst der Befehlsumfang dieser Programmiersprache neben den gängigen Kontrollstrukturen, wie Schleifen und Fallunterscheidungen, auch alle Befehle des CAD-Systems selbst. Somit kann ein Befehl über das grafische Menü, die Eingabezeile oder – in gleicher Weise – über ein Makro abgesetzt werden. Die Erstellung eines Makros erfolgt mittels eines normalen Texteditors, beispielsweise des ME10-eigenen.

ME10-AI⁵⁹

Mit dem Application Interface verfügt ME10 über eine weitere Programmierschnittstelle in der Programmiersprache C [25]. Anders als bei der Makrosprache, kann über das AI auf die Datenstruktur des ME10 direkt zugegriffen werden. Da der Programmcode nicht interpretiert, sondern kompiliert wird, ist die Ausführungsgeschwindigkeit von C-Programmen deutlich höher als bei Makros.

Für die Erstellung der Schnittstelle zwischen ME10 und TCE wird gemäß dem Konzept (vgl. **Abbildung 6-1**) ein eigenes Programmmodul entwickelt. Für die Realisierung der geforderten Funktionalität ist hierfür eine Kombination aus AI- und Makroprogrammierung notwendig.

6.4.3 Verwaltung von 3D-Daten

Mit Ausnahme der aus dem System „NastranTM“ stammenden Berechnungsdateien werden alle im PLM verwalteten 3D-Daten für die Produktentwicklung und -fertigung mit Softwarewerkzeugen aus dem Hause EDS erzeugt. Für diese Dokumente – UG-Modelle, UG-CAM-Dateien, UG-Zeichnungsableitungen etc. – bietet TCE eine fertige Schnittstelle an. Das hat den Vorteil, dass die datenerzeugenden und -verwaltenden Systeme optimal aufeinander abgestimmt sind. Die Integrationstiefe lässt sich durch individuell erstellte

⁵⁹ AI – Application Interface (Applikationsschnittstelle)

Schnittstellen nicht erreichen, und der Softwarepflegeaufwand im Falle eines Releasewechsels ist auf ein Minimum reduziert. Daher wird auf eine weitere Optimierung oder Anpassung der Standardschnittstellen verzichtet.

Die Nastrandaten fallen in so geringem Umfang an, dass der Aufwand für eine tiefe Integration in das PLM-System sich wirtschaftlich nicht lohnt. Sie werden über eine einfache Import-/Exportfunktion zur Itemrevision des zugehörigen 3D-CAD-Modells abgelegt. Dieser Vorgang erfolgt manuell.

6.5 Optimierung der Engineeringprozesse

Einen wichtigen Punkt des Gesamtkonzeptes stellt die Optimierung der Engineeringprozesse durch die Unterstützung von IT-Technologie dar. Das PLM-System ist dabei das zentrale Element. Seine Möglichkeiten bestimmen letztendlich den Grad der erzielbaren Produktivitätssteigerung. Deshalb ist die optimale Nutzung dieser Möglichkeiten auch unabdingbar, selbst wenn dies zwingend einige organisatorische oder prozesstechnische Änderungen erfordert.

6.5.1 Anpassung des Prüf- und Freigabeprozesses

Die bestehende Vorgehensweise bei der Prüfung und Freigabe von Komponenten oder Baugruppen bringt in der Praxis erhebliche Schwierigkeiten mit sich. Diese sind dadurch verursacht, dass einerseits die konstruktionsinternen Prüfprozesse nicht konsequent eingehalten werden und andererseits durch die fehlende Einbeziehung der Arbeitsvorbereitung die fertigungsrelevanten Aspekte in der Prüfkette fehlen. Das führt immer wieder dazu, dass ein erheblicher Nachbearbeitungsaufwand an der Konstruktion entsteht, weil die zu diesem Zeitpunkt bereits freigegebene Zeichnung erhebliche Mängel hinsichtlich ihrer Fertigbarkeit aufweist.

Der Gesamtprozess wird zusätzlich erschwert, weil, wie in Abschnitt 2.6.3 beschrieben, lediglich der aktuelle Revisionsstand einer Zeichnung archiviert ist und die Historie der Konstruktion nur über die in Papierform abgelegte Änderungsmitteilung nachvollziehbar ist. Daher sieht das Konzept eine völlige Umstellung dieses Prozesses vor. Alle Dokumente unterliegen danach der systeminternen Revisionsverwaltung im PLM. Das heißt, dass für jede Revision ein neues Item-Revision erzeugt wird, dem die betreffenden Dokumente zugeordnet werden. Dieser Vorgang ist unabhängig von der Dokumentenart (Dataset). Gleichzeitig erfolgt die Prüfung und Freigabe von Objekten ausschließlich über einen im

PLM aufzusetzenden Workflow. Hierbei wird die Normenstelle ihrer Freigabefunktion entleert und diese Aufgabe der Arbeitsvorbereitung übertragen. Der Prüfzyklus selbst obliegt nur dem für die Erstellung oder Änderung zuständigen und damit verantwortlichen Konstrukteur. Somit entfällt die zweite Prüfinstanz, die bis dahin der Gruppenleiter oder eine von ihm bevollmächtigte Person wahrgenommen hat. Der geänderte Prozess ist in **Abbildung 6-13** grafisch dargestellt.

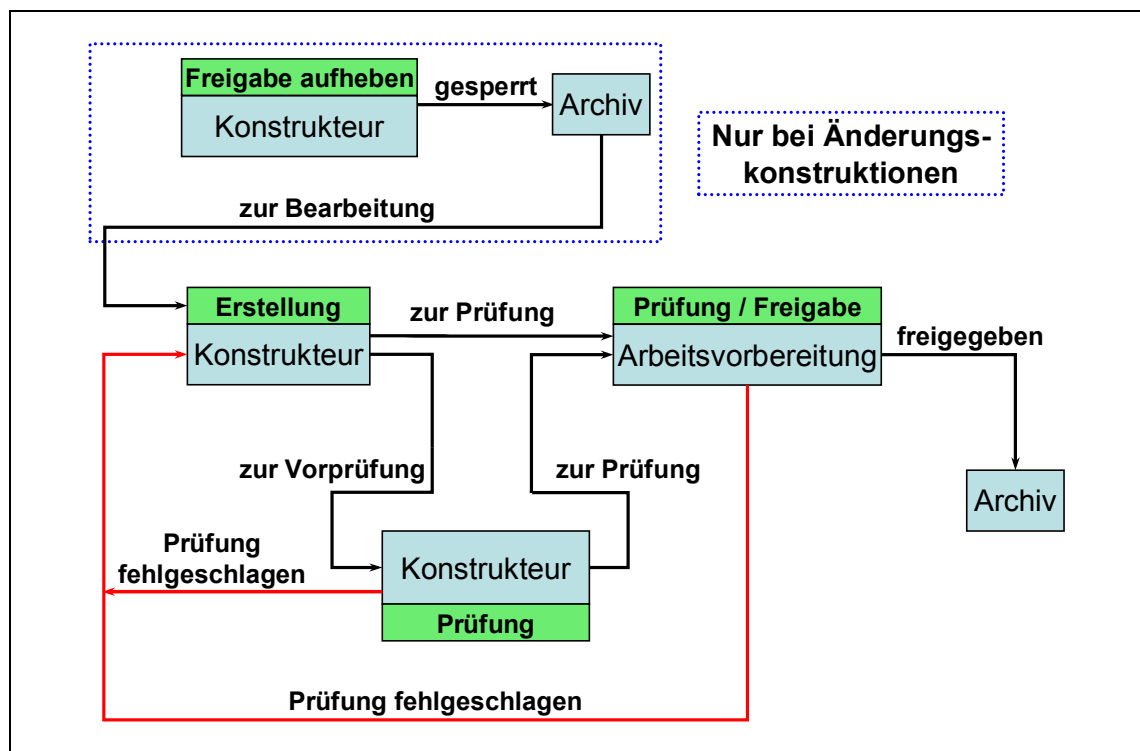


Abbildung 6-13: Überarbeiteter Prüf- und Freigabeprozess

6.5.2 Dokumentenausgabe

Nachdem alle im Engineeringprozess relevanten Daten im PLM-System vorliegen und mit den gleichen Zugriffsmechanismen zu bearbeiten sind, ergibt sich die Notwendigkeit, diese Daten unabhängig von ihrem vorliegenden Datenformat auszugeben. Dabei sind Funktionen vorzusehen, die es erlauben, sowohl einzelne Dokumente als auch ganze Dokumentensätze in einem Arbeitsgang zu bearbeiten. Hinsichtlich der Ausgabegeräte ist eine Möglichkeit einzurichten, die die Ansteuerung eines lokalen Ausgabegeräts – Plotter als auch Drucker – vorsieht. Alternativ muss der Druck- oder Plotjob in die Warteschlange eines Plotmanagementsystems geleitet werden können, um zentral gesteuerte Ausgabegeräte zu nutzen und nachgeschaltete Arbeitsgänge, wie Falten, Lochen, Binden etc. der ausgegebenen Dokumente, zu veranlassen.

Für die Konzeption und Realisierung dieser Funktionalitäten wird vorausgesetzt, dass alle anzusteuernenden Geräte die standardisierten Datenformate HPGL⁶⁰ oder TIFF verarbeiten können. Weitergehende Formate werden im ersten Schritt nicht vorgesehen, da geräteseitig hierzu keine Notwendigkeit besteht. Die Verwendung eines weiteren Formats, beispielsweise PostScript, stellt jedoch kein schwer wiegendes Problem dar; es muss dem TCE lediglich als neuer Dateityp bekannt gemacht werden.

Der Prozess der Plotausgabe soll für den Benutzer nach folgendem Schema ablaufen:

1. Selektion der zu plottenden Daten
2. Kopieren dieser Daten in einen eigenen Plotfolder (AIMPlot)
3. Start des Plotjobs über Menüpunkt „Plot Einzelteil“ oder „Plot Baugruppe“
4. Selektion des Ausgabegeräts

Danach sucht das System in der Datenbank nach plotbaren Formaten der zum Plotten ausgewählten Dokumente. Handelt es sich um Altzeichnungen, so werden die Zeichnungen selbst aus der Datenbank ausgecheckt, da sie bereits im TIFF-Format vorliegen und somit direkt verarbeitbar sind. Erkennt das System keine plotbaren Formate, so werden die Zeichnungsformate UG-Part oder ME10 ausgecheckt und in einem Hintergrundprozess in ein HPGL-Format konvertiert. Die entstehende HPGL-Datei wird nach dem Versand zum Ausgabegerät in die Datenbank eingecheckt, um bei der nächsten Anfrage direkt – ohne erneute Konvertierung – genutzt zu werden. Nach der Abarbeitung des Ausgabeauftrages erhält der Auftraggeber oder eine von ihm bestimmte Person auf elektronischem Weg eine Benachrichtigung über die Fertigstellung.

Die systeminternen Abläufe der gesamten Plotverarbeitung verdeutlicht das Ablaufdiagramm in **Abbildung 6-14**. Hierbei bleiben nachgeschaltete Prozesse, wie die Ansteuerung des Plotmanagementsystems, unberücksichtigt, da dieses eine autarke Applikation darstellt, deren interner Ablauf fest vorgegeben ist. Einzige Verbindung ist der Zugriff auf das Verzeichnis, in dem der PLM-Plotprozess die Dateien ablegt, die für die Ausgabe zum Plotmanagement vorgesehen sind. Durch eine zyklische Abfrage über die Verfügbarkeit neuer Daten in diesem Verzeichnis erfolgt bei Neudatenerkennung ein Transfer der Plotdateien zum Plotmanagement.

⁶⁰ HPGL – Hewlett Packard Graphics Language (Allgemeingültiges Steuerformat für Plotter)

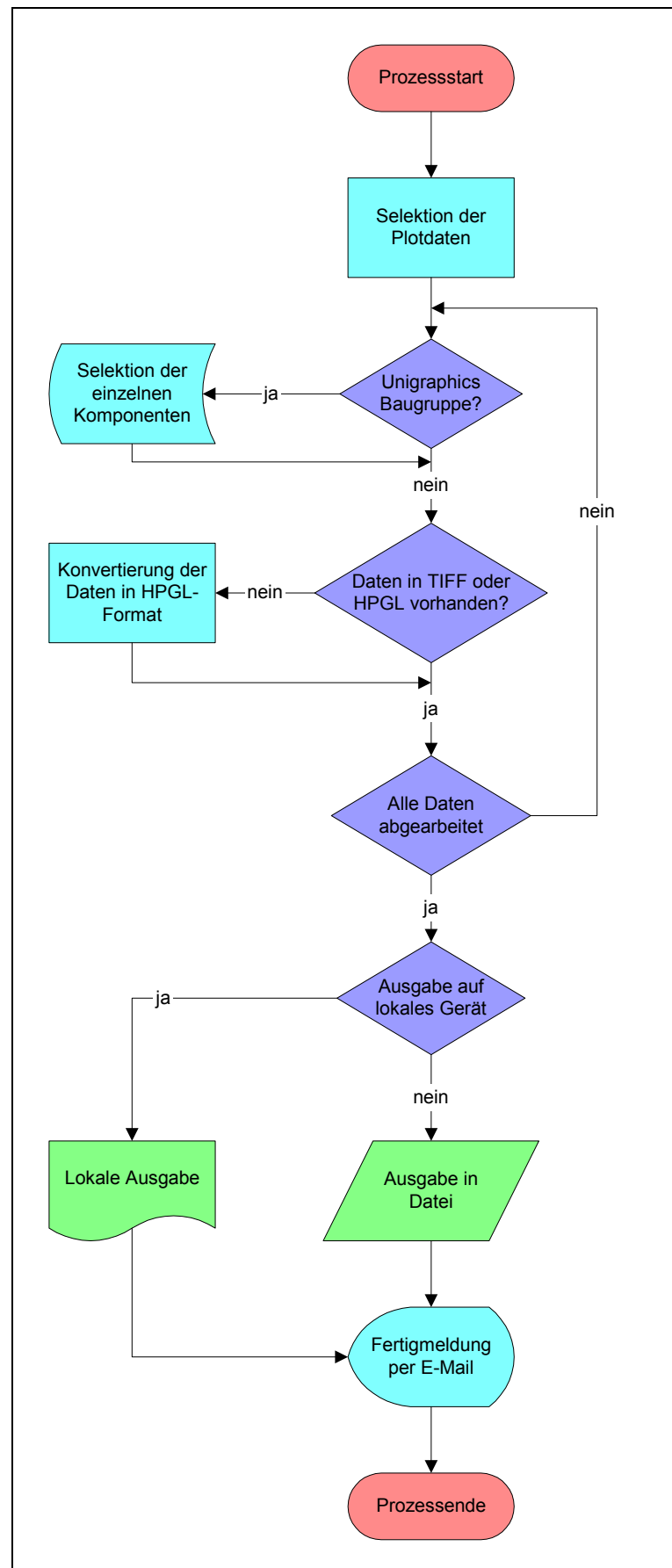


Abbildung 6-14: Ablaufdiagramm des Plotprozesses

6.5.3 Beauskunftungsfunktionalität für Vertrieb und Einkauf

Für diejenigen Abteilungen, die ausschließlich lesenden Zugriff auf Dokumente brauchen, soll diese Funktionalität über eine möglichst einfach zu bedienende Benutzeroberfläche zur Verfügung gestellt werden. Insbesondere die Abteilungen Einkauf und Vertrieb benötigen diesen Zugriff, um beispielsweise Zeichnungsunterlagen einer Bestellung beizulegen oder das Angebot für einen Kunden mit gedruckten 3D-Ansichten der angebotenen Anlage grafisch zu unterlegen. Die Beispiele zeigen, dass die reine Darstellung der Dokumente, also die visuelle Ansicht auf dem Monitor, nicht ausreichend ist. Auch eine Funktion zur Dokumentenausgabe ist vorzusehen.

Eine Möglichkeit, den geforderten Funktionsumfang bereitzustellen, liegt darin, jeden PC-Arbeitsplatz in den betroffenen Abteilungen mit einer Clientlizenz des TCE auszustatten. Die Anwender erhalten über die Vergabe der Zugriffsrechte lediglich eine Leseberechtigung für freigegebene Dokumente. Der Nachteil dieser Lösung liegt auf der wirtschaftlichen Seite, da eine vollwertige Clientlizenz mit erheblichen Kosten verbunden ist und zudem einen recht leistungsstarken und damit teuren Arbeitsplatzrechner voraussetzt. Des Weiteren erfordert diese Variante auch einen erheblichen Installations- und Schulungsbedarf. Es stehen eine Vielzahl Funktionen zur Verfügung, die nicht genutzt werden.

Daher sieht das Konzept eine andere Lösung vor. Jeder PC-Arbeitsplatz ist heute mit einem Internetbrowser ausgestattet, um einen Zugang zum Internet oder Intranet zu ermöglichen. Mit Hilfe von so genannten „WEB-Clients“, einer speziellen Software für das PLM-System TCE, ist es möglich, über einen Standard-Internetbrowser – z. B. Internet-Explorer oder Netscape – eine Verbindung zum TCE aufzubauen. Die Kommunikation erfolgt in diesem Fall nicht direkt zum Dokumentenmanagementmodul des TCE, sondern zu einem dedizierten Modul, dem „WEB-Access-Server“. Da die Verbindung über die Mechanismen der Internettechnologie aufgebaut wird, somit nicht über die normalen Protokolle des TCE, ist dieses separate Modul nötig. Trotzdem ist diese Zugriffsvariante wirtschaftlicher, da auf der Clientseite lediglich der kostengünstige WEB-Client benötigt wird (**Abbildung 6-15**), der keine besonderen Ansprüche an die hardwareseitige Ausstattung des Arbeitsplatzrechners stellt.

Eine weitere Voraussetzung für die Realisierung dieser Variante ist bereits dadurch erfüllt, dass alle Dokumente in der Datenbank in einem direkt view- und druckbaren Format vorliegen bzw. zum Zeitpunkt der Dokumentenanforderung ein solches Format vom System automatisch erzeugt wird (vgl. 6.4). Dadurch sind seitens des Internetbrowsers nur noch so genannte „Plug-In“-Routinen nötig, die die Visualisierung innerhalb des Browsers ermöglichen. Plug-Ins sind Programme, die es für eine Vielzahl von Aufgabenstellungen gibt und

die als Zusatz in die Funktionen des Internetbrowsers eingebettet sind. Die hier benötigten Plug-Ins müssen die Fähigkeit besitzen, vor allem die gängigen Grafikformate, wie TIFF und HPGL, innerhalb des Browsers anzeigen zu können. Die verwendeten Routinen können jedoch mehr. Sie sind in der Lage, auch das direkte ME10-Datenformat „MI“ und den 3D-Visualisierungsstandard „VRML“⁶¹ zu verarbeiten. Auch Word- und Excelformat ist direkt visualisierbar. Damit sind alle für die Anzeige und Ausgabe von Dokumenten geforderten Datenformate abgedeckt, und es ist sichergestellt, dass – unabhängig vom aufgerufenen Dokument – der Anwender stets eine bildliche Anzeige auf seinem Monitor erhält.



Abbildung 6-15: Benutzeroberfläche des TCE-WEB-Clients

Der WEB-Client verfügt über eine deutlich vereinfachte Benutzeroberfläche, da nur ein Teil der Funktionen des vollwertigen Clients verfügbar ist. Allerdings ist die Funktionalität hinsichtlich der komfortablen Suchalgorithmen und der Einsicht z. B. in Stammdatenmasken nicht eingeschränkt.

⁶¹ VRML – Virtual Reality Modelling Language

6.5.4 Einbindung von externen Standorten und Zulieferern

Die Kommunikation mit Kunden, Lieferanten und anderen Standorten auf elektronischem Wege ist heute bereits realisiert. Die technischen Voraussetzungen sind geschaffen, um mittels E-Mail bzw. Standleitung Informationen auszutauschen. Auch der wichtige Gesichtspunkt der Datensicherheit, sowohl im Sinne von Übertragungssicherheit als auch in Bezug auf die Abschottung der hausinternen Systeme vor unbefugtem externen Zugang, wurde hinreichend berücksichtigt (vgl. 2.5.1). Sobald jedoch produktrelevante Daten mittels eines PLM-Systems verwaltet werden, muss sichergestellt sein, dass jeder Zugriff auf diese Informationen auch von externen Standorten nur durch dafür berechtigte Benutzer erfolgen kann. Auch die Verwaltungsfunktionen des PLM dürfen bei externem Zugriff nicht außer Kraft gesetzt sein.

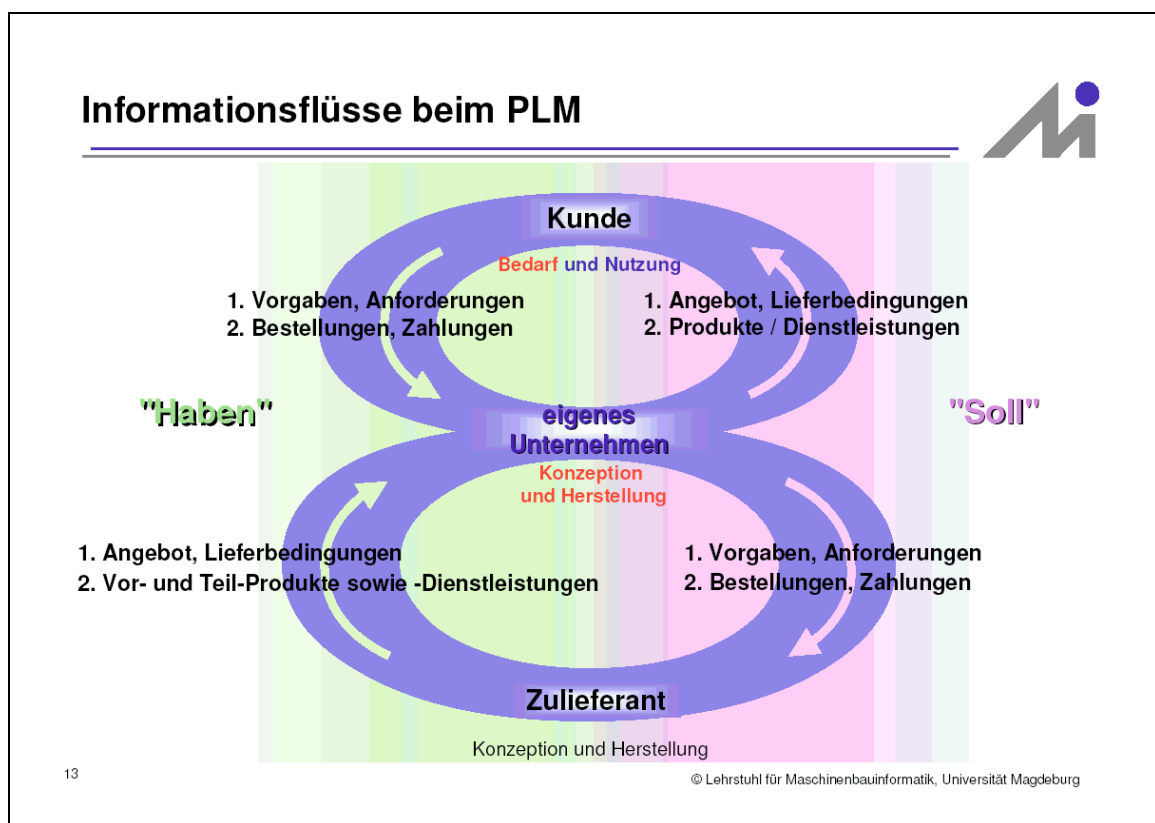


Abbildung 6-16: Unternehmensübergreifende Informationsflüsse im PLM [13]

Wird beispielsweise der Auftrag zur konstruktiven Änderung einer Baugruppe an ein externes Konstruktionsbüro vergeben, sollte die Möglichkeit bestehen, dass der Dienstleister sich die nötigen Daten mittels Remotezugriff im PLM-System des Auftraggebers holt und das System zeitgleich die entsprechenden Vermerke setzt, dass für die Baugruppe

beispielsweise ab sofort die Freigabe aufgehoben ist, oder Ähnliches. Gleichzeitig ist aber sicherzustellen, dass genau nur die Daten vom Auftragnehmer einsehbar und abrufbar sind, die das beauftragte Projekt betreffen. Durch diese Art des Auftragshandlings wächst die Datenflut beträchtlich an, was auch die **Abbildung 6-16** verdeutlicht.

Zur Realisierung solcher Aufgaben stellen PLM-Systeme, wie z. B. TCE, so genannte „WEB-Access“-Module (vgl. **Abbildung 6-1**) bereit. Sie verbinden die Internettechnologie mit der PLM-Lösung. Der eigentliche Zugriff auf Dokumente und Informationen wird in der Regel durch spezielle „Publizierungsroutinen“ gesteuert.

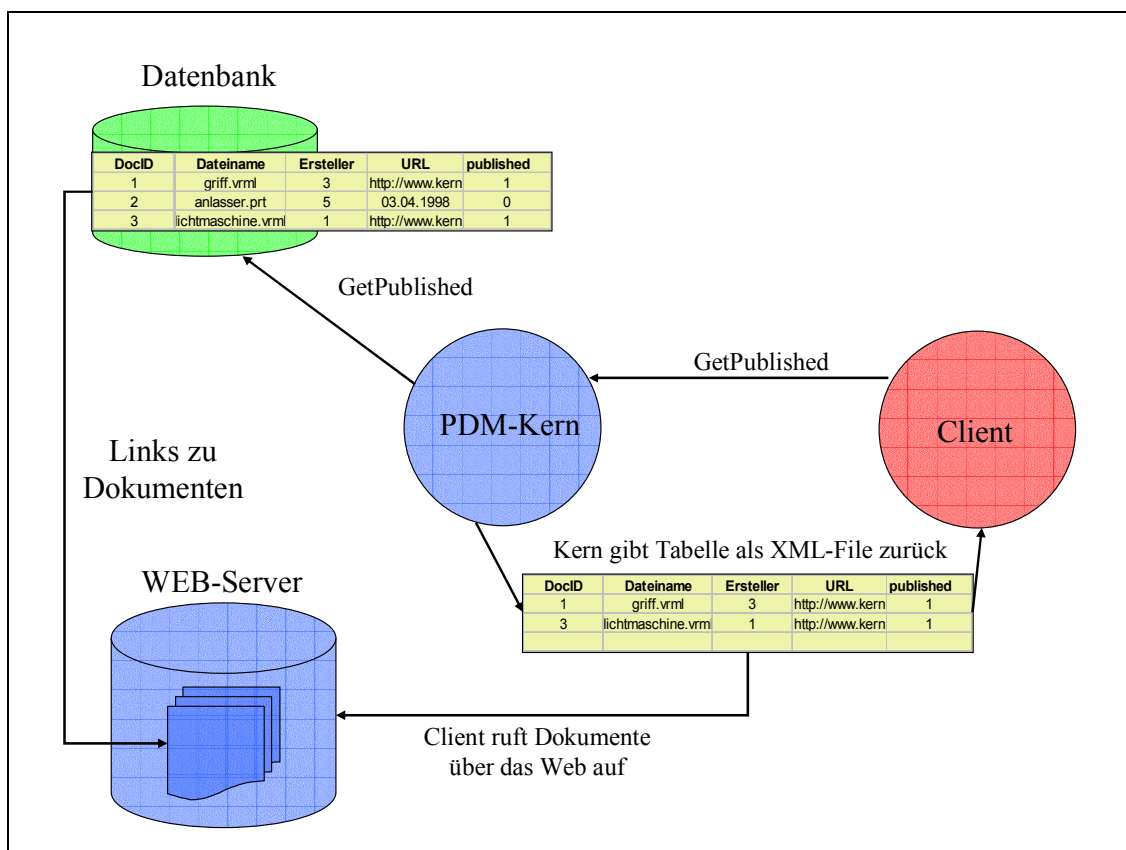


Abbildung 6-17: Prozess des WEB-basierenden Dokumentenabrufs

Alle in der PLM-Datenbank verwalteten Dokumente erhalten ein oder mehrere zusätzliche Attribute, die den Publizierungsstand des Dokuments beschreiben. Hiermit ist definierbar, welche Dokumente oder Dokumentenklassen für externe Systemzugriffe zur Verfügung gestellt werden. Diese Vorgehensweise ermöglicht somit eine weitere Form der Rechtevergabe innerhalb des PLM, jedoch nicht auf Anwender-, sondern auf Dokumentenebene. Selbstverständlich ist eine Zugriffssteuerung über die Benutzerrechte möglich; dies wird im TCE auch genau so gehandhabt. Für temporäre „Gast“-Zugriffe auf das PLM-System –

beispielsweise durch externe Dienstleister – wird durch den Publizierungsvermerk jedoch der Umfang der einzusehenden Daten nochmals eingeschränkt.

Die **Abbildung 6-17** zeigt die Vorgehensweise an einem einfachen Beispiel. Der externe Benutzer (Client) stellt über das WEB eine Anfrage an das PLM-System. Dieses sucht in der Datenbank die angefragten Informationen und stellt sie in einer Liste zusammen. Da der Anwender jedoch nur Zugriffsrechte auf publizierte Daten hat, wird seine Anfrage mit der Option „GetPublished“ (zeige publizierte Objekte) ausgeführt. Die an ihn übertragene Ergebnisliste enthält daher das Dokument mit der DocID 2 nicht, da dieses nicht den Status „published“ hat. Da der Datenverkehr über das Internet erfolgt, werden auch die internet-eigenen Formate und Terminologien für die Kommunikation genutzt. So wird die Liste in einem XML⁶²-Format erstellt und die Position der Dokumente in der Datenbank über so genannte URLs⁶³ beschrieben. Wird ein Dokument für die Publizierung freigegeben, so erhält es automatisch eine URL, um dem WEB-Server den Zugriff hierauf zu ermöglichen. Über ihn werden die gelisteten Dokumente aus der Datenbank ausgecheckt und zum Anwender übertragen.

Dieser Mechanismus findet auch Anwendung bei der Vernetzung mehrerer Standorte, an denen jeweils eine eigene TCE-Instanz installiert ist. Häufig ist die Mehrzahl der Dokumente, die an einem Standort erzeugt werden, auch nur dort in Verwendung. Selbst wenn ein Produkt standortübergreifend entwickelt und gefertigt wird, so ist die Verfügbarkeit beispielsweise einer Einzelteilzeichnung nur dort wichtig, wo mit ihr gefertigt wird oder eine Änderung daran erfolgt. Anders verhält es sich mit den Metadaten zu jedem Dokument. Sie müssen vollständig und produktspezifisch in jeder PLM-Instanz vorliegen. Andere Objekte, wie beispielsweise Werknormteile, sind ebenfalls zwingend an jedem Standort zu verwenden. Deshalb müssen diese Daten auch automatisch in die diversen Instanzen der PLM-Systeme übertragen werden. Daher erfolgt in diesem Fall die Publizierung dieser Objekte, was dazu führt, dass eine Übertragung der Daten an alle Instanzen automatisch realisiert werden kann.

In beiden Fällen – Zulieferer- und Multistandortbetrieb – wird deutlich, dass eine Steuerung der Publizierungsprozesse notwendig ist. Daher sind Publizierungsvorgänge prinzipiell mit einem Workflow unterlegt. Über ihn lässt sich unter anderem definieren, welchen Bedingungen die Datenversendung folgt, beispielsweise zeit- oder ereignisgesteuert, und wie die Informationsverteilung und deren Protokollierung durchgeführt werden müssen. Der Anwender kommuniziert über einen Internetbrowser mit dem System, ähnlich wie bei der

⁶² XML – Extensible Markup Language

⁶³ URL – Uniform Resource Locator

Beauskunftungsfunktionalität. Auch hier sind die Masken anwendungsabhängig konfigurierbar.

6.5.5 Klassifizierung und Standardisierung der Produktentwicklung

Entgegen den bisher behandelten konzeptionellen Punkten lässt sich die Standardisierung der Produktentwicklung durch die Einführung eines PLM-Systems allein nicht umsetzen. Neben dem Werkzeug PLM ist eine leistungsfähige 3D-CAD-Software nötig, die Arbeitsweisen und Methoden unterstützt. Dies ist für die Handhabung eines standardisierten Produktportfolios unabdingbar. Die bereits im Einsatz befindliche Software „Unigraphics®“ ist hierfür außerordentlich gut geeignet, denn sie verfügt über Funktionen und Konzepte, die bei konsequenter Nutzung einen großen Anteil am Standardisierungsprozess haben. Das hiermit verbundene Ziel der Reduzierung der Teilevielfalt lässt sich durch eine Kombination beider Systeme nachhaltig erreichen.

Der wesentliche Faktor für diesen Prozess und damit der ausschlaggebende Punkt hinsichtlich Produktivitätsgewinn und Kostensenkung in diesem Bereich ist jedoch eine Umstellung der Organisation. Eine Bereinigung des Produktspektrums beginnt mit der Analyse der bestehenden Produkte auf Rentabilität und Zukunftsorientierung. Produkte, die eine gewisse Rentabilitätsschwelle nicht erreichen, müssen konsequent aus dem Programm gestrichen werden, um Ressourcen zu schaffen, die sich um neue Produktdefinitionen kümmern können. Des Weiteren ist bei jeder Option zu Maschinen und Anlagen zu prüfen, ob und inwieweit sich die Entwicklung einer – in der Regel für einen einzigen Auftrag benötigten – Komponente wirtschaftlich vertreten lässt. Es ist somit eine Vor- und Nachkalkulation jedes Auftrags notwendig, um herauszufinden, welche Art von Aufträgen welche Deckungsbeiträge erwirtschaften oder auch Verluste verursachen. Diese rein kaufmännischen Aspekte sind nicht Bestandteil der vorliegenden Arbeit, aber als Grundlage für die Standardisierung unabdingbar.

Die Informationstechnologie setzt nach dieser Analyse an und stellt mit 3D-CAD- und PLM-Lösungen Werkzeuge zur Verfügung, die den Prozess unterstützen. Dabei deckt die PLM-Seite den Bereich der Klassifizierung ab. 3D-Technologie, und hier besonders die parametrische Form der 3D-Konstruktion, ist vor allem auf die eigentliche Änderung innerhalb des Konstruktionsprozesses gerichtet.

Klassifizierung

Die Auffindbarkeit von bestehenden Konstruktionen und die Ähnlichkeitsuche bei Neukonstruktionen sind die Faktoren, die einen direkten Einfluss auf die Anzahl der generierten Neuteile in der Konstruktion haben. Besteht keine Möglichkeit, innerhalb einer akzeptablen Zeitspanne eine Recherche darüber durchzuführen, ob bereits ein Objekt existiert, das als Grundlage für eine zu tätigende Konstruktion verwendet werden kann, wird die Konstruktion komplett neu erstellt. Somit entsteht im Laufe der Zeit eine enorme Vielfalt von Teilen, die sich oft gar nicht oder nur marginal von anderen Teilen unterscheiden. Um das zukünftig zu vermeiden, wird konzeptionell vorgesehen, dass jedes Teil beim Abspeichern in das PLM-System einer Zwangsklassifizierung unterzogen wird. Dies geschieht in Form von Pflichtfeldern in der Stammdatenmaske, die vom Konstrukteur ausgefüllt werden müssen. Geschieht dies nicht, lässt das System eine Speicherung des Teils nicht zu. Zur Erleichterung dieser Arbeit und zur Erreichung einer Eindeutigkeit der Einträge ist in den hierzu geeigneten Feldern der Maske eine Vorbelegungsauswahl einzurichten, so dass der Konstrukteur die Inhalte nicht manuell eintragen muss, sondern aus einer Selektion der möglichen Werte denjenigen wählt, der für das zu speichernde Teil zutrifft. Auf diese Weise wird vermieden, dass beispielsweise im Pflichtfeld „Werkstoff“ das Rohmaterial St37 in den unterschiedlichen – und zudem falschen – Schreibweisen „ST37“ oder „St-37“ eingetragen wird. Somit ist eine spätere Selektion dieses Feldes nach einem bestimmten Werkstoff immer eindeutig. Auch für das Teil selbst ist eine Gruppierung vorzusehen, die in einem separaten Feld „Klassifizierung“ die Zugehörigkeit des Teils zu einer definierten Gruppe von Komponenten ausweist. So werden alle Arten von grundlegenden Objekten, wie z. B. Hebel, Platten, Normteile, Gestelle etc. kategorisiert. Über Suchfunktionen in der Stammdatenmaske sind dann beliebige Kombinationen von Suchanfragen durchführbar, die die Randbedingungen des zu suchenden Teils einschränken.

Die Einführung eines dedizierten Sachmerkmaleistenwesens wird nicht konzipiert, da die Voruntersuchungen ergaben, dass der Aufwand für dieses Teilprojekt bei mehreren Mannjahren liegt und der Nutzen nicht quantifizierbar ist. Allerdings wird nach der Umsetzung der beschriebenen Klassifizierungsmaßnahmen deren Akzeptanz und Nutzen nochmals untersucht und danach ggf. das Thema „Sachmerkmaleiste“ erneut bewertet.

Parametrischer Konstruktionsprozess

Die parametrische Form der Konstruktion innerhalb eines 3D-CAD-Systems eröffnet dem Anwender die Möglichkeit, durch Änderung von Parametern die Gestalt des zu konstruierenden Teils zu manipulieren. Hierzu ist es notwendig, während der konstruktiven Tätigkeit die später veränderbaren Abhängigkeiten, die zwischen den einzelnen Elementen des Objektes bestehen, dem System bekannt zu geben. Diese Abhängigkeiten können unterschiedliche Ausprägungen haben. Sowohl maßliche Zusammenhänge als auch geometrische Bedingungen sind abbildbar. Moderne CAD-Systeme, so auch Unigraphics®, erkennen Abhängigkeiten weitgehend automatisch und schlagen dem Anwender entsprechende Parametrisierungen vor. Wird beispielsweise ein Kreisbogen tangential an eine Linie konstruiert, so erkennt das System diesen Sachverhalt. Eine spätere Änderung des Kreisbogenradius führt nicht zu einer Aufhebung der Tangentialbedingung, es sei denn, die Aufhebung dieser Abhängigkeit ist explizit gewünscht.

Mit den Hilfsmitteln der Parametrik lassen sich somit beliebige Objekte modellieren, die erst im Nachhinein durch Änderung bestimmter Parameter ihre für den Einsatzzweck endgültige Gestalt erhalten. Somit sind vor allem ähnliche Teile, die sich lediglich in ihrer Größe voneinander unterscheiden, sehr effizient zu erstellen. Ein gutes Beispiel hierfür sind Schrauben eines bestimmten Typs. Die unterschiedlichen Größen eines Schraubentyps lassen sich durch wenige Parameter bestimmen. Genau diese müssen während des Konstruktionsprozesses als Variablen definiert werden, um später daraus alle Varianten durch Angabe der Variablen zu erzeugen.

Unigraphics® unterstützt drei Arten der parametrischen Konstruktion:

- Formteilmodellierung (Feature-Based-Modelling)
- Parametrische Einzelteilkonstruktion
- Baugruppen- und modellübergreifende parametrische Modellierung (WAVE⁶⁴)

Dabei stellt die zuvor beschriebene Vorgehensweise die parametrische Einzelteilkonstruktion dar. Aber auch die Vergabe von Abhängigkeiten, die bauteilübergreifend wirken, ist möglich. In der Terminologie von Unigraphics® heißt diese Methode „WAVE“ und ist deshalb bemerkenswert, da das System gleichzeitig zulässt, dass beliebige Anwender an unterschiedlichen, miteinander vernetzten Arbeitsplätzen an derselben Baugruppe arbeiten. Das CAD-System muss also die vergebenen Abhängigkeiten über mehrere gleichzeitige Prozesse handhaben können. Ziel dieser Vorgehensweise ist es, konsequent einen Top-Down-Konstruktionsprozess verwirklichen zu können. Dieser geht davon aus, dass die

⁶⁴ WAVE – What-if Alternate Value Engineering

zu konstruierende Anlage zuerst in ihrer Gesamtkonzeption entwickelt und dann Schritt für Schritt weiter detailliert wird, bis zum Einzelteil. Der Ansatz vieler anderer Systeme sieht die entgegengesetzte Vorgehensweise vor (Bottom-Up-Design), was jedoch nicht praxisgerecht ist, da es nicht der typischen Arbeitsweise im Konstruktionsprozess entspricht. Der Top-Down-Prozess wird daher zukünftig für die Konzeption und Entwicklung neuer Maschinen und Anlagen festgelegt. Das bedeutet in der Praxis, dass die Grobstruktur des Neukonzeptes im PLM abgebildet wird, bevor die eigentliche Konstruktionsarbeit beginnt. Somit arbeitet jeder Konstrukteur bzw. jede Konstruktionsgruppe an einer im Gesamtverbund bereits bekannten Teilaufgabe; in der Regel eine dedizierte Baugruppe oder Funktionseinheit. Da das PLM-System zu diesem Zeitpunkt die Grobstruktur bereits kennt, ist es in der Lage, die zueinander entstehenden Abhängigkeiten der einzelnen Konstruktionsgruppen zu verwalten und die Konstruktionen selbst auf evtl. auftretende Konsistenzverletzungen hin zu prüfen. Die Freiheit der Konstruktionsabteilung in Bezug auf die weitere Untergliederung der Baugruppe oder Funktionseinheit, die in ihren Zuständigkeitsbereich fällt, wird hierdurch nicht eingeschränkt.

Über das „Feature-Based-Modelling“ lässt sich der parametrische Ansatz auch auf beliebige Formelemente der Konstruktion übertragen. Ein Formelement ist jede Art von geometrischer Ausprägung an einem Teil, beispielsweise eine Bohrung, eine Passfedernut oder jede andere vom Anwender bestimmte geometrische Form. In diesem Zusammenhang wird in der Unigraphics®-Terminologie von UDF⁶⁵ gesprochen. Ein UDF besitzt die Eigenschaft, nicht nur parametrisch aufgebaut werden zu können, sondern auch beliebige Informationen als Zusatz zur geometrischen Ausprägung zu tragen. Diese Informationen können beispielsweise fertigungsrelevante Daten sein.

Die jeweiligen Werte der Variablen einer parametrischen Konstruktion können für jede Variante einerseits über einen Anwenderdialog dem System mitgeteilt werden, andererseits aber auch in Form einer Werteliste hinterlegt sein, unabhängig davon, welche der möglichen Parametrisierungsarten gewählt wurde. Über die Wertelisten sind somit vordefinierte Varianten abrufbar. Ein Beispiel für eine solche Liste zeigt die **Abbildung 6-18**. Diese mit dem Programm „Excel“ erstellte Tabelle enthält die möglichen Parameter für den dreidimensionalen Aufbau einer Teilefamilie von Luftregelklappen. Hier werden unter den entsprechenden Teilenummern, die wiederum einen Eintrag im PLM darstellen, Varianten mittels weniger Parameter beschrieben, die einerseits die Abmessung der Drosselklappe definieren und andererseits deren Klappenanzahl und -stellung angeben. Die Ergebnisse der Ausführung der parametrischen Konstruktion sind in den **Abbildung 6-19** und **Abbildung 6-20** zu sehen. Durch die Wahl der entsprechenden Teilenummer wird im ersten Bild die

⁶⁵ UDF – User Defined Feature (Benutzerdefiniertes Formelement)

Luftregelklappe mit linksseitig angebrachter Antriebseinheit in einer halb geöffneten Stellung gezeigt. Das zweite Bild stellt eine ähnliche Klappe von der entgegengesetzten Blickrichtung dar. Die Klappenstellung ist hier geschlossen abgebildet.

Microsoft Excel

Datei Bearbeiten Ansicht Einfügen Format Extras Daten Fenster ? Teilefamilie

Arial 10 F X U

A2 = 4440-205

Tabelle von Part Family - 8503-480

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Part Number	A KBx	A KHy	A Klappenwinkel	A Anzahl Klappen	A Antrieb	A Antrieb li	A Antrieb re	
2	4440-205	882	882	3	2	0	1	0	
3	4440-215	882	882	45	2	1	1	0	
4	4440-225	995	995	45	2	0	0	1	
5	4440-235	882	1235	45	3	1	1	0	
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									

Teil wird geprüft... Summe=1770 NF

Abbildung 6-18: Werteliste für Parametrik der Luftregelklappe

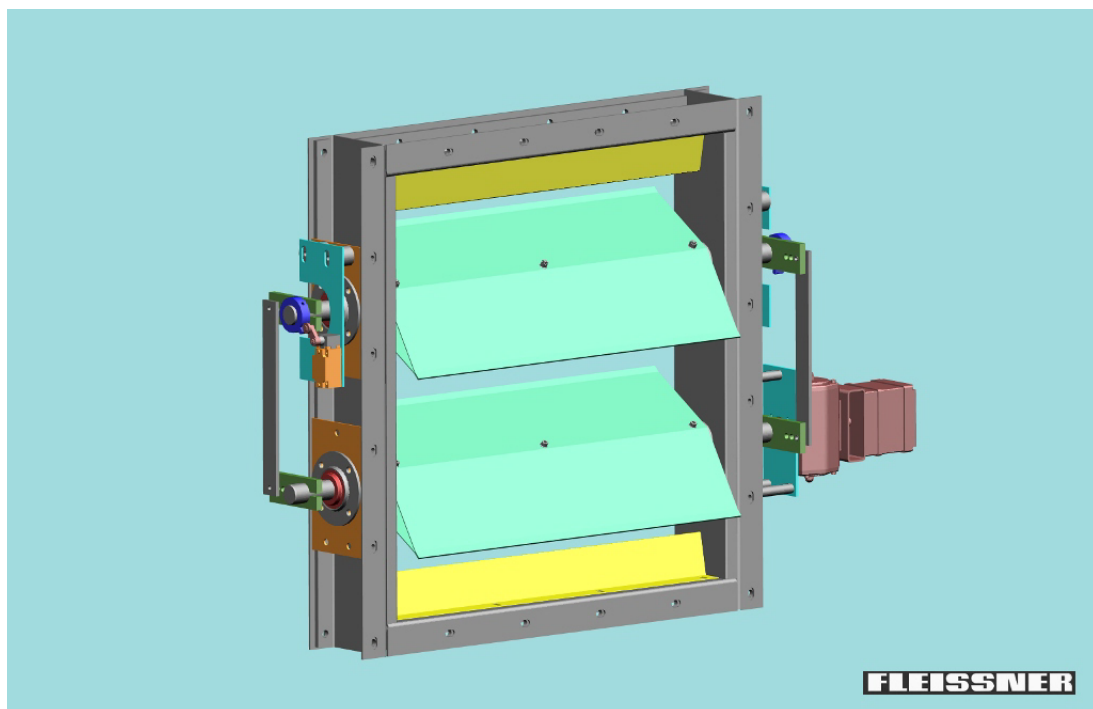


Abbildung 6-19: Luftregelklappe 4440-215, parametrisch konstruiert

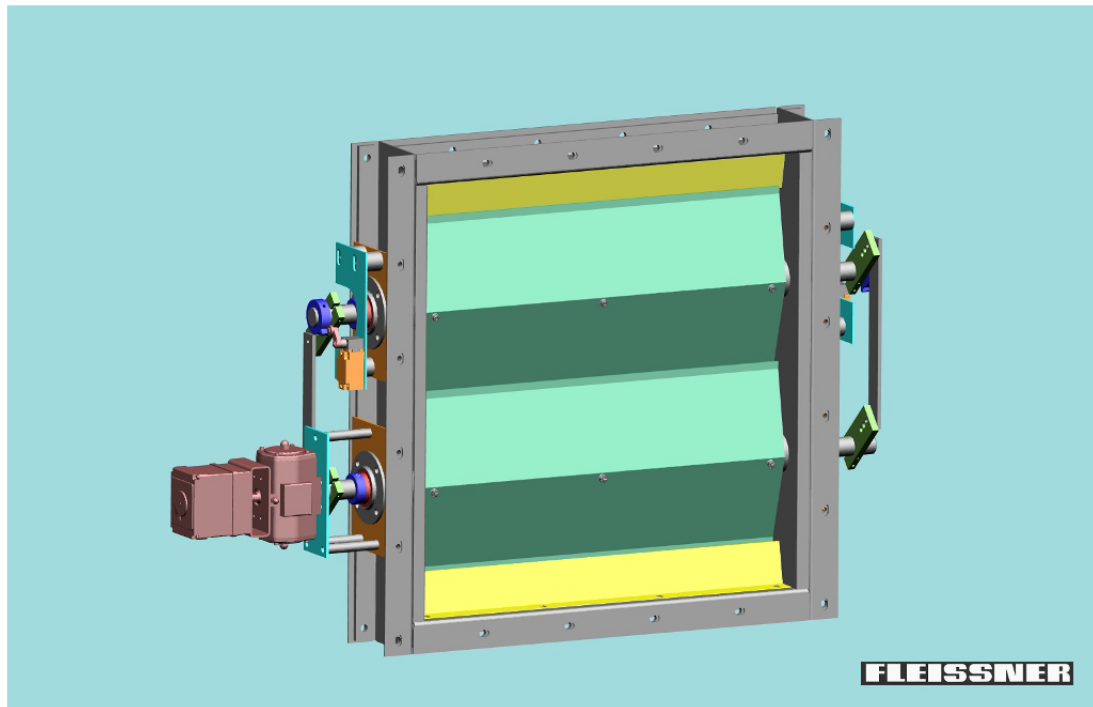


Abbildung 6-20: Luftregelklappe 4440-205, parametrisch konstruiert

18	4	Klemmleiste	1000	36			5015-920	1
17	4	Klemmleiste	880	36			5015-921	1
16	2	Positionsschalter XCK-J					4921-005	0
15	1	Pneumatischer Stellantrieb					4559-506	0
14	2	Stellring	75	70			5008-499	1
13	2	Stange	384	40	St37-2		5008-301	1
12	4	Distanzhülse	15	12	St35.4		6572-667	1
11	4	Hebel	145	60	St37-2		6605-561	1
10	2	Stellring 40			St	DIN705	4429-054	0
9	1	Blech fuer Drehantrieb	250	100	St37-2		5008-480	1
8	6	Gewindebuchse	50	40	St50		6570-991	1
7	2	Blech fuer Endscharter	276	132	St37-2		5008-478	1
6	4	Kugelbuchse					6570-982	1
5	4	Blechflanschgehäuse		147	1.4401		6650-430	1
4	1	Klappenflügel			St		5015-965	0
3	1	Klappenflügel			St		5015-967	0
2	2	Anschlag	828	115	St12.03		5016-086	0
1	1	Rahmen fuer Klappe	1010	1010	St		5015-925	0
Item	Qty.	Designation	Length.	Width.	Material	DIN	ID No.	R.
		FLEISSNER GmbH & Co. 63329 Egelsbach/Germany				Replaces:	Releasestatus:	
		Copyright reserved. The copying, distribution and utilization of this document as well as the communication of its contents to others without expressed authorization is prohibited. Offenders will be held liable for the payment of damages. All rights reserved in the event of the grant of a patent, utility model or ornamental design registration.				Replaced by:	Date:	
						Based on:	Drawn by:	
							Frisch	
Scale:		Luftregelklappe 882x882				Drawing No.:	Sh.:	Rev.:
1:2,5		air regulating shutter				0-8503-480	1	0
		20	21	22				

Abbildung 6-21: Schriftfeld und Stückliste der Zeichnung (Luftregelklappe)

Wird von dem 3D-Modell eine zweidimensionale Zeichnung abgeleitet, so fügt das PLM-System einen Zeichnungsrahmen mit Schriftfeld zu und setzt die aus der Baugrupp-

penstruktur automatisch abgeleitete Stückliste oberhalb des Schriftfeldes ein (siehe **Abbildung 6-21**).

Da sowohl die parametrische Konstruktion selbst als auch die zugehörigen Wertelisten im PLM abgelegt sind, unterliegen sie auch dem Rechtewesen des PLM. Das bedeutet, dass steuerbar ist, wer welche Art von Zugriff auf die parametrischen Konstruktionen und die Wertelisten hat. Durch diese Möglichkeit lässt sich der Teileumfang steuern, der durch parametrische Modelle erzeugt wird. Es wird lediglich einem bestimmten Personenkreis – in diesem Fall der Normenstelle – gestattet, die in der Werteliste definierten Varianten zu pflegen. Durch diese Einschränkung ist die Verwendung der parametrischen Teile auf die Varianten limitiert, die durch die Normenstelle freigegeben sind. Muss dennoch eine zu diesem Zeitpunkt nicht freigegebene Variante eingesetzt werden, so ist lediglich der Eintrag der entsprechenden Werte in die Tabelle vorzunehmen, und schon ist eine neue Variante definiert und steht allen Nutzern zur Verfügung. Durch dieses Verfahren lassen sich nicht nur Normteile, sondern auch alle Arten von Baugruppen oder Funktionseinheiten parametrisieren und somit standardisieren. Diese Vorgehensweise wird konzeptionell vorgesehen, wobei im Zuge der Implementierung zu entscheiden ist, bis zu welchem Level – Einzelteil oder Baugruppe – die Parametrisierung erfolgen soll.

6.5.6 Technische Dokumentation

In Abschnitt 3.4.3 wurde erwähnt, dass die Standardisierung der Produktentwicklung eine Voraussetzung für die Möglichkeit der automatischen Erstellung von technischer Dokumentation darstellt. Gleichzeitig muss jedoch auch die ganzheitliche Verwaltung aller Revisionsstände von Teilen, Baugruppen etc. im PLM umgesetzt sein, um eine weitgehende Automatisierung der Dokumentationstätigkeit zu erreichen. Sind diese Voraussetzungen erfüllt, so ist jedes (Standard-)Teil als Item-Revision in der Datenbank vorhanden. Zugehörige Datasets unterliegen bei einem Revisionswechsel ebenfalls einem Prozess, der prüft, ob dieses Dataset von dem Revisionswechsel des Objekts beeinflusst wird oder nicht. Sind Unterlagen zur technischen Dokumentation als Dataset der Item-Revision zugeordnet – beispielsweise in Form von Word-Dokumenten –, so muss der Inhalt dieser Dokumente in einem manuellen Abgleich daraufhin überprüft werden, ob sich Änderungen an der Dokumentation aufgrund von Revisionsstandsänderungen am dokumentierten Objekt ergeben. Es ergeben sich durchaus Sachverhalte, in denen trotz Modifikationen am Objekt keine revisionsbedingte Änderung an der Dokumentation notwendig ist. Dennoch wird in diesem Fall eine Kopie des Dokuments zur neuen Item-Revision des Objektes gelegt, um eine Konsistenz der Informationen sicherzustellen. Damit ist erreicht, dass jeder

objektspezifische Teil der technischen Dokumentation auf dem gleichen Revisionsstand ist wie das Objekt selbst. In einer übergeordneten Instanz, z. B. auf Baugruppenebene, kann dann eine Zusammenführung der Datasets zur technischen Dokumentation erfolgen, um daraus eine – halbautomatische – Erstellung der Baugruppendokumentation abzuleiten usw. **Abbildung 6-22** zeigt diesen Zusammenhang grafisch.

Einschränkend muss allerdings angemerkt werden, dass das beschriebene Verfahren nur bei Baugruppen funktioniert, die in der TCE-Terminologie als „*präzise Baugruppen*“ gespeichert sind. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass zu jedem Revisionsstand der Baugruppe genau ein Revisionsstand aller Item-Revisions und Datasets gehört, aus denen die Baugruppe besteht. Somit besteht eine Eindeutigkeit der Zuordnung von jedem einzelnen Revisionsstand eines Datasets zu dem Revisionsstand der Baugruppe, zu dem er gehört.

TCE lässt aber noch eine andere häufig eingesetzte Form der Baugruppenspeicherung zu. Sie nennen sich „*nicht präzise Baugruppen*“ und haben die Eigenschaft, ausschließlich die Liste der Einzelteile und Unterbaugruppen zu beinhalten, die die Baugruppe ausmachen. Eine Änderung ihres Revisionsstandes erfolgt somit nur dann, wenn sich inhaltliche Änderungen ergeben, also Teile/Unterbaugruppen entfallen oder zugefügt werden. Der genaue Inhalt mit allen Datasets wird erst über so genannte Laderegeln definiert. Sie beschreiben den Zustand, mit dem eine Baugruppe beispielsweise in das CAD-System geladen werden soll. Diese Laderegeln können beliebig definiert sein, im Normalfall geschieht dies gruppen- oder rollenabhängig. So kann beispielsweise eine Laderegeln für die Fertigung folgende Ausprägung haben: „*Laden mit höchstem freigegebenen Änderungsstand*“. Damit wird die Baugruppe komplett geladen, wobei jede Einzelkomponente mit ihrem höchsten freigegebenen Revisionsstand zur Anwendung kommt. Für die Konstruktionsabteilung kann diese Laderegeln erweitert werden um die Anweisung: „*falls keine freigegebene Komponente verfügbar ist, wird der letzte Änderungsstand geladen*“. Diese erweiterte Laderegeln lädt auch solche Komponenten, für die kein freigegebener Revisionsstand existiert, mit dem jeweils letzten Änderungsstand.

Da im Referenzunternehmen bis zur Einführung der PLM-Lösung ausschließlich die aktuelle Revision einer Zeichnung verwaltet wurde, existiert keine direkt dokumentierte Änderungshistorie. Damit besteht auch keine Notwendigkeit, mit präzisen Baugruppen zu arbeiten, zumal die nicht präzisen Baugruppen eine höhere Flexibilität erlauben. Das führte zu der Entscheidung, diesen Weg für die zukünftige Arbeit festzulegen.

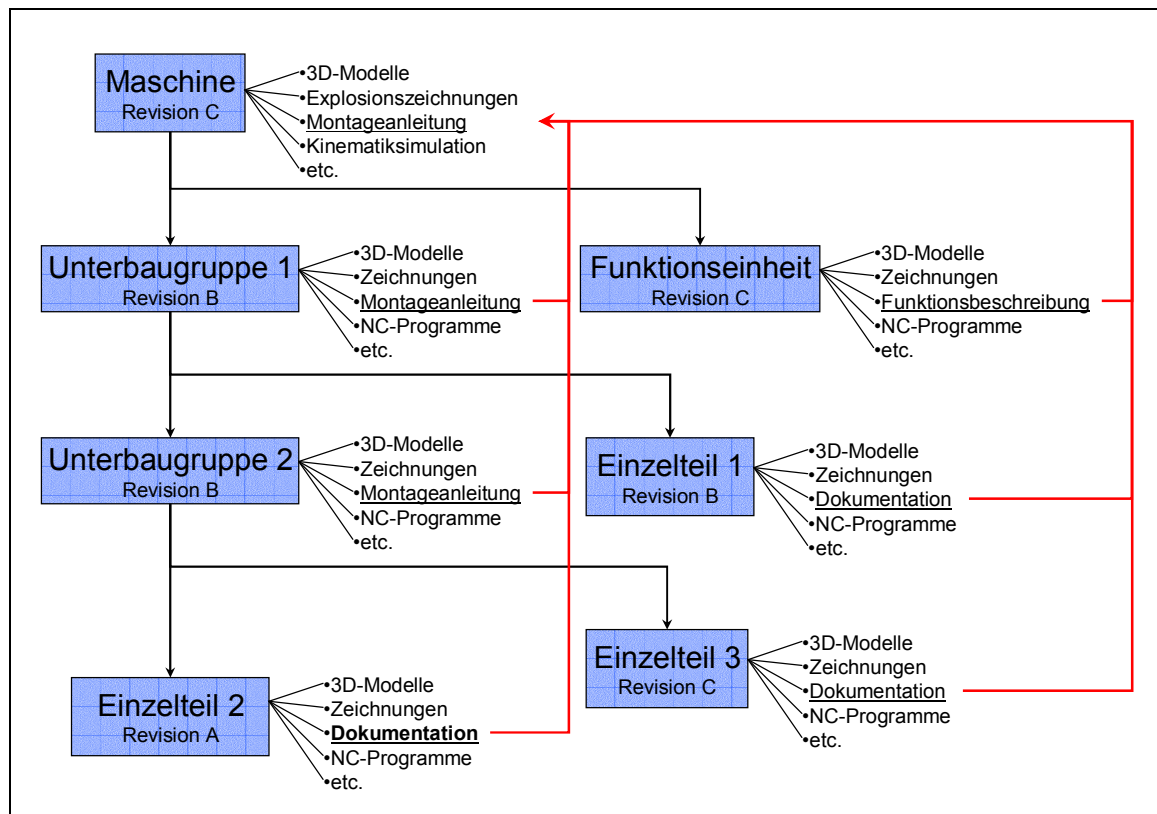


Abbildung 6-22: Abhängigkeit von Produktstruktur und Dokumentation

6.6 ERP/PLM-Kopplung

6.6.1 Art und Form der Kopplung

Nach der Definition der Aufgabenstellungen zwischen ERP- und PLM-System ist die Schnittmenge der in beiden Lösungen redundant notwendigen Informationen sehr gering. Sie beschränkt sich auf Teile der Materialstamminhalte und Stücklisten (siehe **Abbildung 6-23**). Es handelt sich somit ausschließlich um alphanumerische Informationen [3]. Das ERP-System verarbeitet nur dispositive und fertigungsrelevante Daten. Aus der Sicht des PLM ist eine Information dann fertigungsrelevant, wenn sie mit einer Fertigungsfreigabe versehen ist. Dokumente im Entwicklungs- oder Prüfstatus hingegen sind nicht fertigungsrelevant. Daher kann der Informationsabgleich zwischen ERP und PLM in dem Moment vollzogen werden, in dem die Freigabe eines Dokuments im PLM erfolgt [26]. Der Freigabe-

beprozess ist damit gleichzeitig der Trigger⁶⁶ für den Konsistenzabgleich beider Systeme; der Datenabgleich erfolgt online⁶⁷. Diese Vorgehensweise wird konzeptionell vorgesehen.

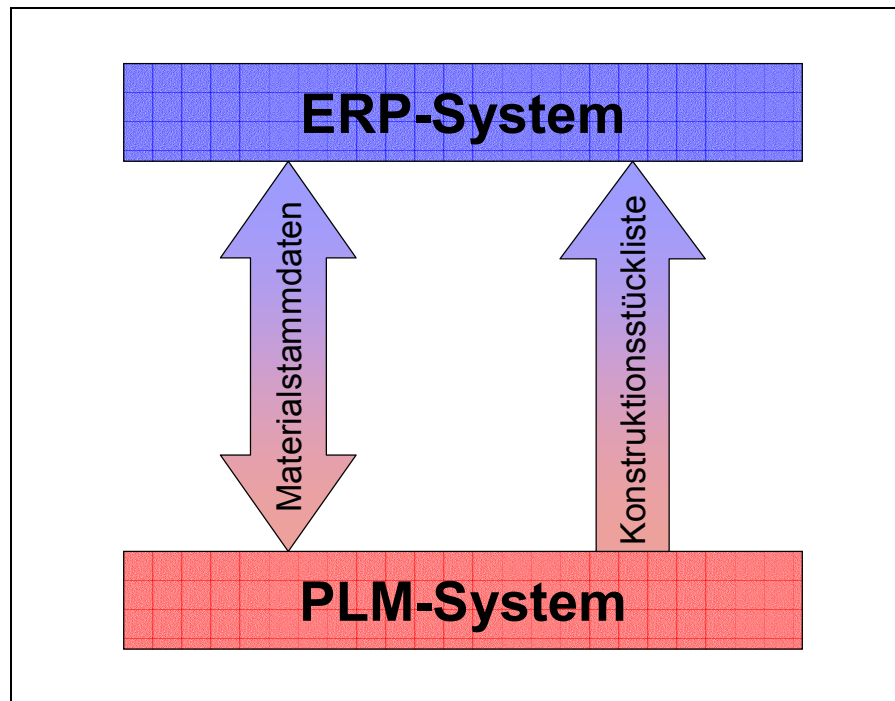


Abbildung 6-23: Datenströme zwischen ERP und PLM

Die mögliche Alternative ist ein zeitgesteuerter Abgleichprozess, bei dem zyklisch – beispielsweise in einem nächtlichen Prozess – in beiden Datenstämmen nach geänderten und somit abzugleichenden Datensätzen gesucht wird. Die selektierten Informationen werden dann in einem Block bidirektional übertragen. Der Vorteil dieser Prozesssteuerung besteht darin, dass bei der Herstellung von Datenkonsistenz keine Wartezeiten für den ERP- oder PLM-Benutzer auftreten, da die Abgleichprozesse zu Zeiten ablaufen, in denen die Systeme nicht durch interaktive Benutzerprozesse belegt werden. Nachteilig wirkt sich hingegen aus, dass Situationen auftreten können, in denen Dokumente geändert und freigegeben sind, diese Änderungen jedoch noch nicht auf der Fertigungsseite ankommen, da der Konsistenzabgleich noch nicht stattgefunden hat. Wird zu einem solchen Zeitpunkt mit dem „alten“ Dokument ein Fertigungsprozess eingeleitet, dann ist das Ergebnis der Fertigung nicht verwendbar. Diese Gefahr lässt sich durch Verkürzung der Abgleichzyklen einschränken, aber nicht eliminieren. In Unternehmen mit großem Änderungsaufkommen und gleichzeitig kurzen Änderungszeiten – hierfür sind Sondermaschinenhersteller ein klas-

⁶⁶ Trigger (engl.) – Auslösende Funktion, Auslösezeitpunkt

⁶⁷ Online (engl.) – Direkt und ohne Zeitverzug, mittels direkter Verbindung

sisches Beispiel – ist aber die Gefahr der Fehlproduktion zu groß, um diese Art des Offline-Datenaustauschs produktiv einsetzen zu können.

Beide Systeme verfügen über standardisierte Schnittstellen, über die der Datenimport und -export realisiert wird. Über diese Schnittstellen erfolgt der Informationstransport, der für die Konsistenzerhaltung beider Datenbasen relevant ist. Die Programmierung der Datentransfer Routinen wird in einer gängigen Programmiersprache bewerkstelligt, in diesem Fall C++. Zu der Verwendung der Standardschnittstellen gibt es die Alternative des Datenabgleichs auf direkter Datenbankebene. Hier wird über SQL-Sequenzen unmittelbar in die Datenbanktabellen des korrespondierenden Systems eingegriffen. Diese extrem schnelle Art des Zugriffs setzt jedoch voraus, dass dem Programmierer die Datenbankstrukturen beider Systeme detailliert bekannt sind, was in der Regel nicht der Fall ist. Jeder Programmierfehler führt sofort zum Absturz der Datenbank, da keinerlei Sicherheitsroutinen die Plausibilität der eingegebenen Daten prüfen. Diesen Sicherungsmechanismus bieten jedoch die Standardschnittstellen. Daher ist ihre Verwendung auch der direkten Datenbankprogrammierung vorzuziehen.

6.6.2 Umfang der Funktionalität der ERP/PLM-Kopplung

Die zu realisierende Kopplung beider Systeme umfasst folgende grundlegende Funktionen:

- *Anforderung von Teilestammmnummern und Neuanlage von Teilestämmen im ERP, initiiert aus dem PLM:*

Die Hoheit der Verwaltung von Teilestammmnummern liegt auf Seiten des ERP-Systems. Somit muss bei der Anlage eines Neuteils im PLM die zu vergebende Teilenummer vom ERP zur Verfügung gestellt werden. Da zum Zeitpunkt der Neuteilanlage oftmals noch keine Klassifizierung dieses Teils erfolgen kann und somit noch keine „sprechende“ Teilenummer zuzuordnen ist, stellt das ERP eine fortlaufende Nummer aus einem eigens dafür vorgesehenen Nummernkreis bereit, die bei Fertigstellung des Teils in ihre endgültige Teilenummer geändert wird.

- *Aufheben einer Freigabe im ERP-Materialstamm:*

Sobald ein bestehendes Teil in einen Änderungsprozess läuft, muss es für den Fertigungsprozess gesperrt werden. Diese Sperrung erfolgt durch Änderung des Teilestatus von „freigegeben“ in „gesperrt“ innerhalb des PLM. Eine Übertragung der Statusinformationen in das ERP stellt sicher, dass das zu ändernde Teil im Ferti-

gungsprozess keine Verwendung findet, solange die Änderung nicht erfolgt und das geänderte Teil freigegeben ist.

- *Bidirektionaler Abgleich der Materialstammeinträge:*

Änderungen am Materialstamm werden nicht nur auf der PLM-Seite veranlasst, auch im ERP-System erfolgen Änderungen an Teilen. So werden beispielsweise beim Wechsel eines Lieferanten für ein bestimmtes Teil diese Informationen direkt im ERP gepflegt. Handelt es sich bei der Änderung um eine Information, die auch den redundanten Teil des Teilestamms im PLM betrifft, so muss hier ein Abgleich erfolgen.

- *Dateitransfer zum ERP für die Übertragung von Konstruktionsstücklisten:*

Bei der Konstruktion einer Baugruppe im 3D-System entsteht automatisch ein Abbild der Baugruppenstruktur im PLM. Wird die Baugruppenstruktur in eine spezifische Darstellungsform gebracht, repräsentiert sie die Konstruktionsstückliste. Diese Stückliste ist damit ein „Abfallprodukt“ des 3D-Konstruktionsprozesses. Das Stücklistenwesen im ERP-System erzeugt alle für den Fertigungs- und Dispositionsprozess relevanten Stücklistenformate. Die Basis hierfür ist wiederum die Rohstückliste aus der Konstruktion. Somit ist der Transfer der Konstruktionsstückliste von PLM nach ERP von besonderer Wichtigkeit. Durch eine Automatisierung dieses Vorgangs wird nicht nur der manuelle Aufwand zur Erfassung der Stückliste minimiert, es wird auch gleichzeitig eine Fehlerquelle eliminiert, die bei jeder manuellen Dateneingabe in Form von Tippfehlern besteht.

7 Umsetzung und Implementierung

Anders als bei der Erstellung lassen sich bei der Realisierung des Konzeptes die einzelnen Schritte zur Umsetzung von Anforderungen nicht immer voneinander trennen. Werden beispielsweise neue Prozesse aufgesetzt, so hat dies Einfluss auf mehrere anforderungsrelevante Punkte. Deshalb werden im Folgenden die bis zum aktuellen Zeitpunkt umgesetzten Maßnahmen vorgestellt und in Bezug zu den konzeptionellen Inhalten gebracht. Danach erfolgt die Diskussion über erzielte Verbesserungen unter Berücksichtigung der gestellten Anforderungen. Es werden nur die Schritte detailliert geschildert, die nicht bereits im Konzept ausführlich beschrieben sind.

Aus wirtschaftlichen und technologischen Gründen, aber auch aufgrund der vorgesehenen zeitlichen Abfolge des Projektplanes ist eine 100%-Umsetzung des Konzeptes (noch) nicht erfolgt. Auf diese Aspekte wird detailliert in Kapitel 8 eingegangen. Allerdings wurde bei der Realisierung darauf geachtet, dass die wesentlichen und zur Sicherstellung der gewünschten Ziele notwendigen Schritte vollständig und zeitnah zur Umsetzung kamen. Für alle konzipierten Teilaspekte erfolgte eine Bewertung der Nutzenpotentiale im Verhältnis zu den entstehenden Realisierungskosten. Hiernach richtete sich die Implementierungsreihenfolge der einzelnen Schritte.

Es ist zu erwähnen, dass im Zuge der Realisierung die Allgemeingültigkeit des Konzeptes für die Anforderungen im mittelständischen Sondermaschinenbau zeitweise verlassen wird und der individuelle Charakter einer kundenspezifischen Lösung im Vordergrund steht. Allerdings ist auch die Mehrzahl dieser kundenspezifischen Anforderungen so allgemeingültig, dass ein hoher Prozentsatz davon nahezu unverändert in andere Projekte einfließen kann. Ein Beispiel für diesen Sachverhalt ist die Anforderung an den Funktionsumfang einer Dokumentenausgabe. Nicht jedes Unternehmen setzt identische Ausgabegeräte ein oder benötigt eine Möglichkeit der Ausgabe von unterschiedlichen Dateiformaten. Hier ist die Ausstattung im Referenzunternehmen sicherlich einmalig. Aber die Flexibilität der konzeptionellen Lösungen ist so ausgelegt, dass beliebige Ausgabegeräte und Dateiformate durch eine einfach zu konfigurierende Adaption an die jeweilige Unternehmensumgebung verarbeitbar sind.

7.1 Konfiguration der PLM-Basisfunktionen

Nach der Implementierung der Basistechnologien – Anpassung der IT-Infrastruktur und Installation der PLM-Software – erfolgt die Anpassung der PLM-Masken an die Anforderungen des Referenzkunden.

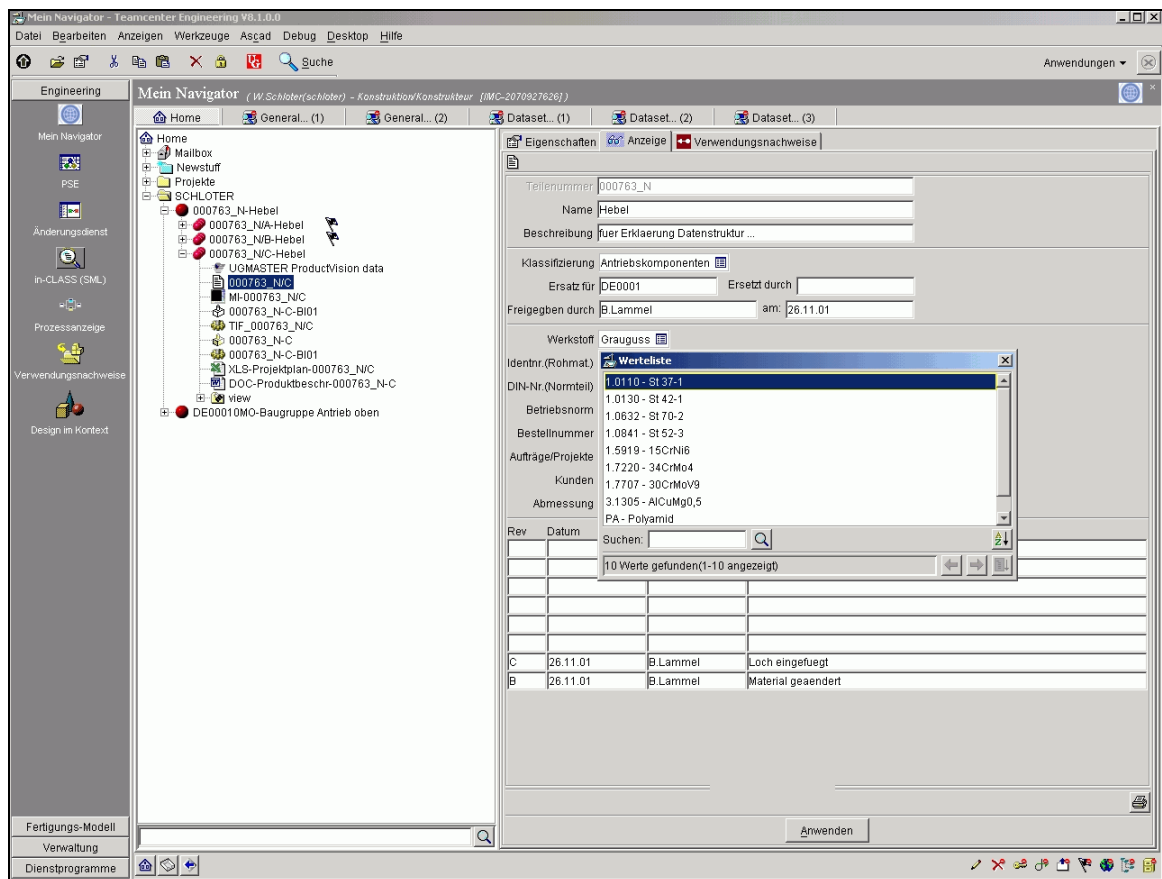


Abbildung 7-1: Stammdatenmaske mit Selektionsmenü für Werkstoffe

Als zentrale Informationsquelle dienen die Stammdaten zu den einzelnen Objekten. Sie sind für alle Arten von Objekten in einer einheitlichen Stammdatenmaske (siehe **Abbildung 6-6**) sichtbar. Diese Maske ist bereits so vorkonfiguriert, dass sowohl teile- als auch revisionsabhängige Daten gleichzeitig dargestellt werden. Über diese Stammdatenmaske erfolgt jede Art der Klassifizierung und Beauskunftung von Objekten. Wie im Konzept erläutert, werden hierzu einzelne Felder der Maske mit Wertelisten hinterlegt, die beim Ausfüllen des jeweiligen Feldes die möglichen Einträge definieren. In der **Abbildung 7-1** ist dies für das Feld „Werkstoff“ dargestellt; die **Abbildung 7-2** zeigt dieselbe Vorgehensweise beim Feld „Klassifizierung“.

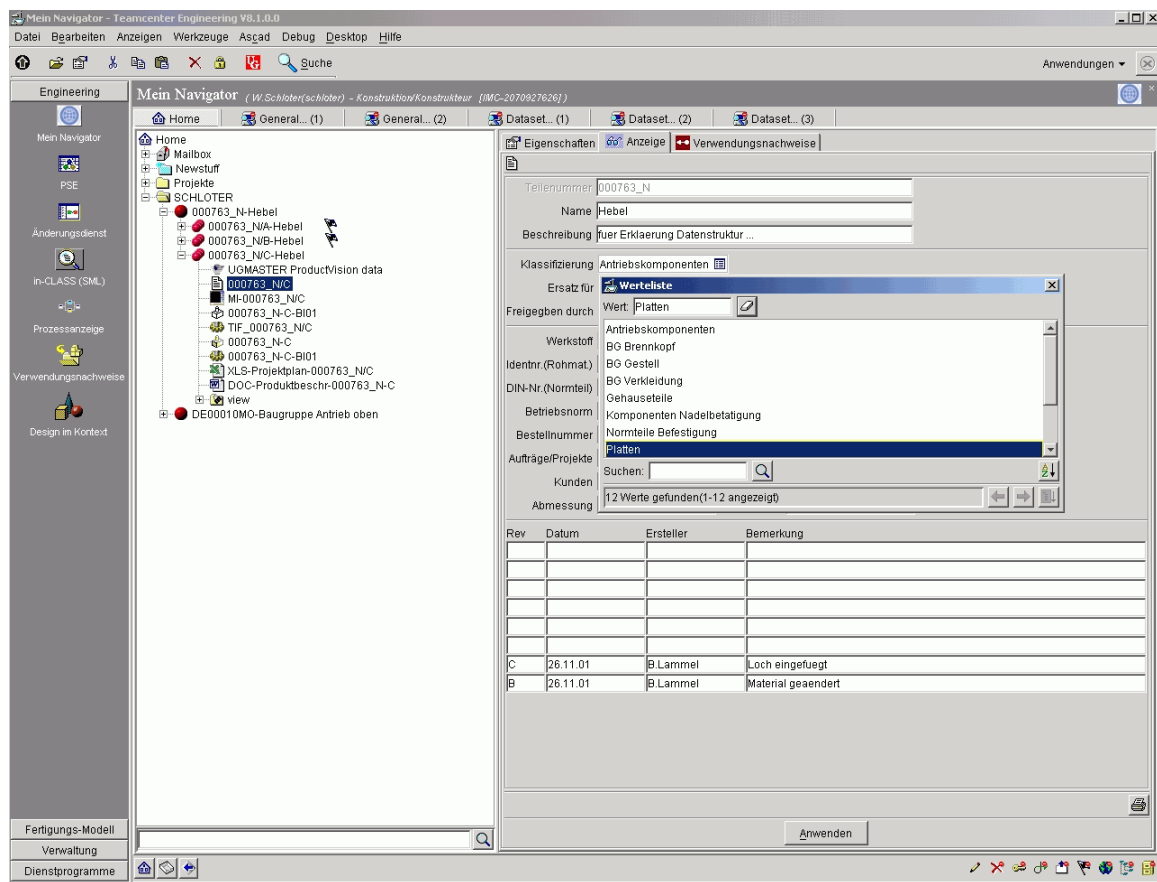


Abbildung 7-2: Vorbelegungsменю des Klassifizierungsfeldes

Neben den Feldern „Werkstoff“ und „Klassifizierung“ ist noch das Feld für den Objekttyp mit einer Auswahlliste versehen. Allerdings ist diese Vorbelegung nicht dazu gedacht, die möglichen Eingaben für den Benutzer zu beschränken; vielmehr trägt das PLM-System in dieses Feld automatisch den Objekttyp anhand seiner systeminternen Spezifikationen ein. Somit dient das Feld ausschließlich zur Einschränkung von Suchanfragen.

Suchanfragen sind prinzipiell über alle Felder der Stammdatenmaske möglich, sowohl für Einzelfelder als auch für beliebige Kombinationen von Feldeinträgen. Das Beispiel in **Abbildung 7-3** zeigt die Selektion aller Objekte vom Typ „ItemRevision“ und einem Objekt-namen, der die Zeichenfolge „hebel“ enthält. Es ist erkennbar, dass auch mit so genannten „Wildcards“ gearbeitet werden kann, also mit Platzhaltern in Suchstrings – in diesem Beispiel dem Stern – die als Synonyme für beliebige Zeichenfolgen stehen.

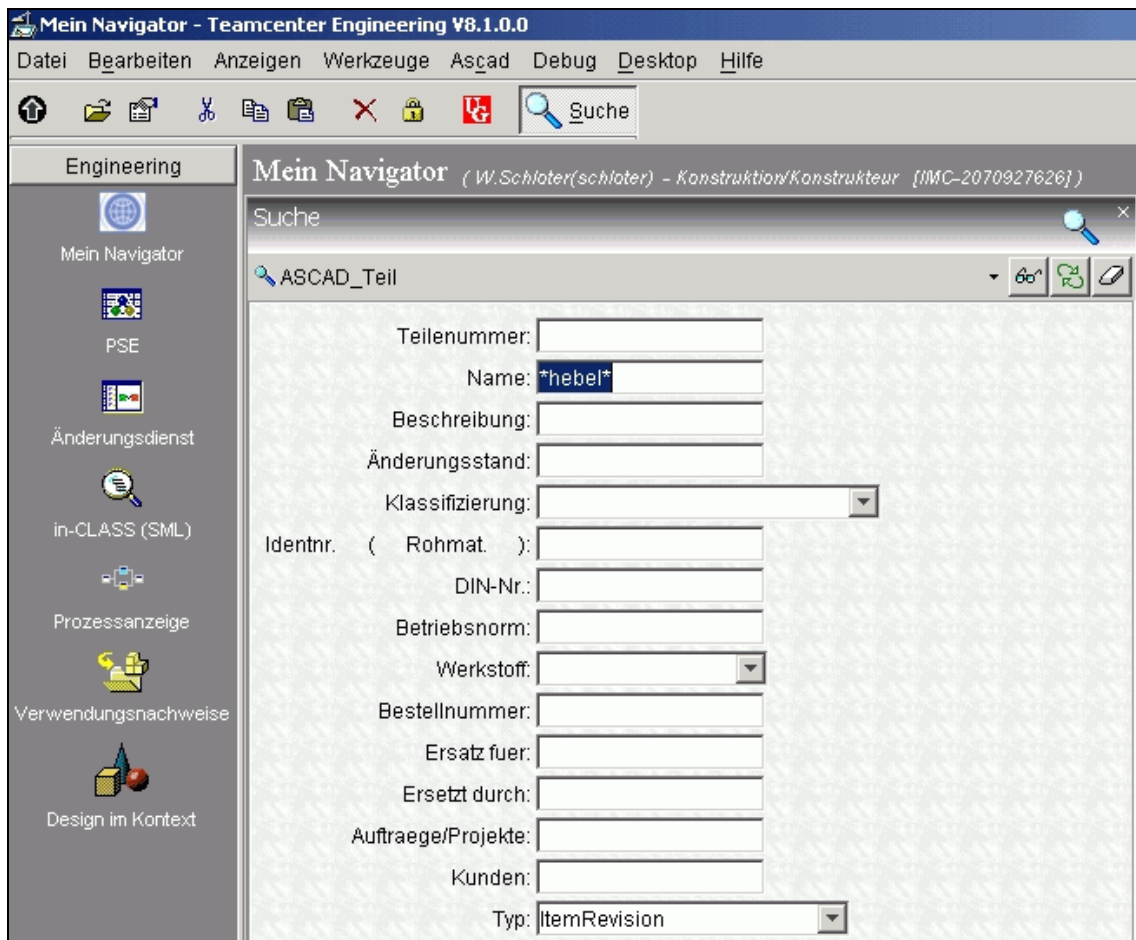


Abbildung 7-3: Suchfunktionen der Stammdatenmaske

Das Ergebnis der Suchanfrage wird in einem Fenster neben der Suchmaske angezeigt. **Abbildung 7-4** veranschaulicht das Ergebnis der in **Abbildung 7-3** getroffenen Auswahl. In Form einer Liste werden die gefundenen Objekte und die zugehörigen Attribute dargestellt. Die Attribute und deren Positionierung in der Liste sind dabei frei wählbar. Ist die Ergebnisliste zu lang oder nicht spezifisch genug, so lassen sich die Selektionskriterien jederzeit weiter einschränken, um sich so schrittweise einem aussagekräftigen Ergebnis zu nähern. Selbstverständlich können auch Felder mit vorbelegten Einträgen für die Suchanfrage genutzt werden. Ein Beispiel zeigt die **Abbildung 7-5**, bei dem das Klassifizierungsfeld als Suchfeld mit selektiert wurde.

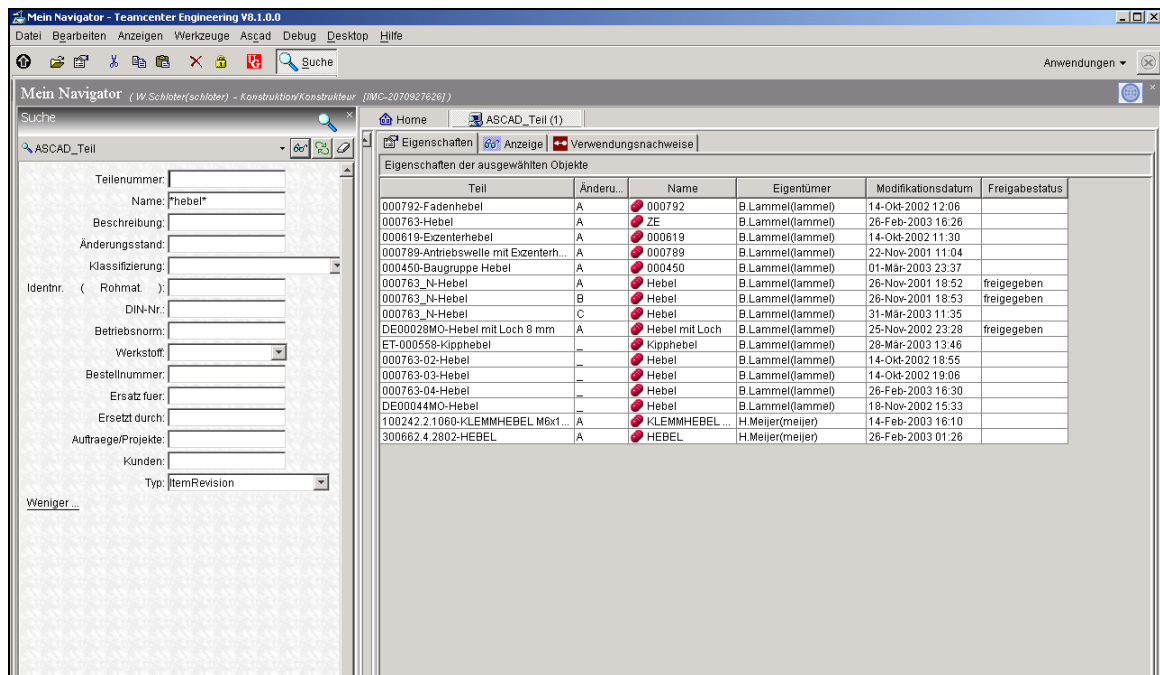


Abbildung 7-4: Ergebnisfenster einer Suchanfrage

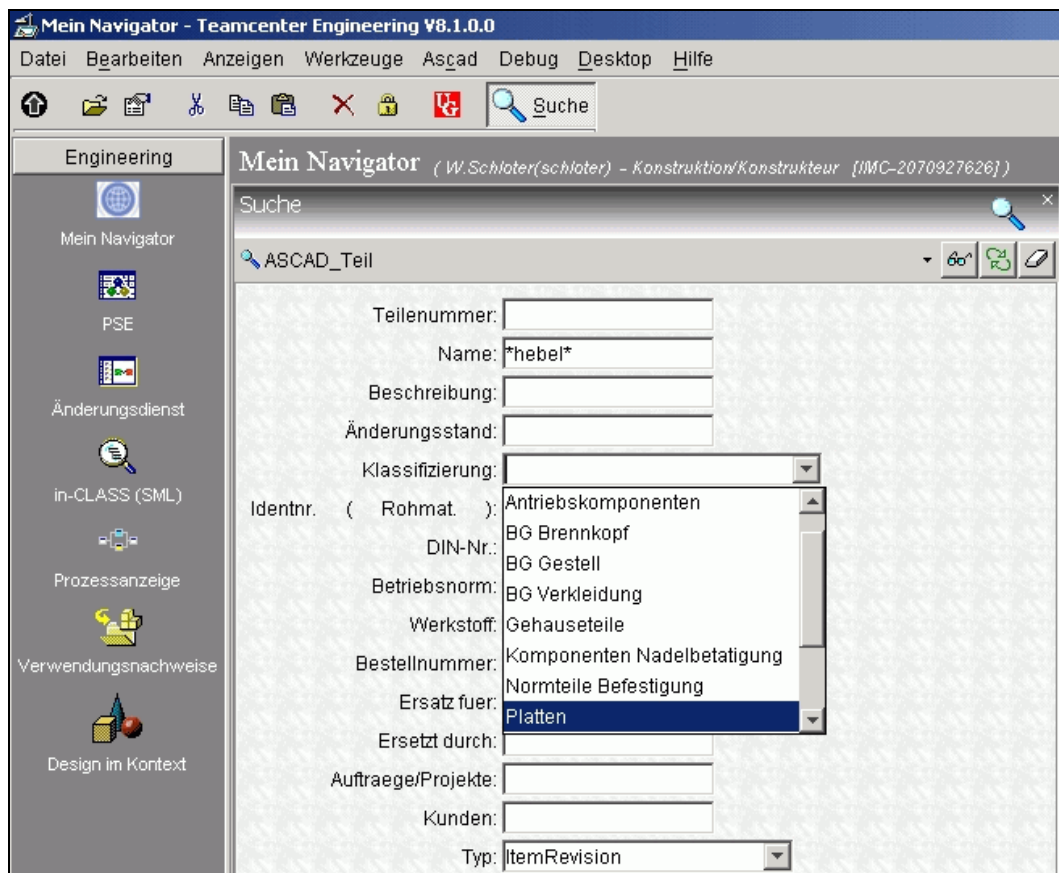


Abbildung 7-5: Suchanfrage mit vorbelegten Feldern

7.2 Unternehmensspezifische Prozesse und Individualprogrammierungen

Nach der Anpassung der Stammdatenmaske werden die im Konzept definierten Prozesse und Individualprogrammierungen umgesetzt. Für die programmtechnische Realisierung einiger Punkte, insbesondere die Datenübernahmen aus ME10 und den Archivbeständen, aber auch für die Programmierung der Dokumentenausgabefunktionen, wurden externe Dienstleister beauftragt, die nach konzeptioneller Vorgabe die eigentliche Codierung der Funktionen übernehmen. Diese Individualprogramme sind in einem separaten Feld der Menüleiste untergebracht (siehe **Abbildung 7-6**). Dieses Menü, das in **Abbildung 7-7** noch einmal gesondert dargestellt ist, enthält alle individuell erstellten Funktionen zum Handling von ME10-Zeichnungen und den Plotausgabeoptionen.

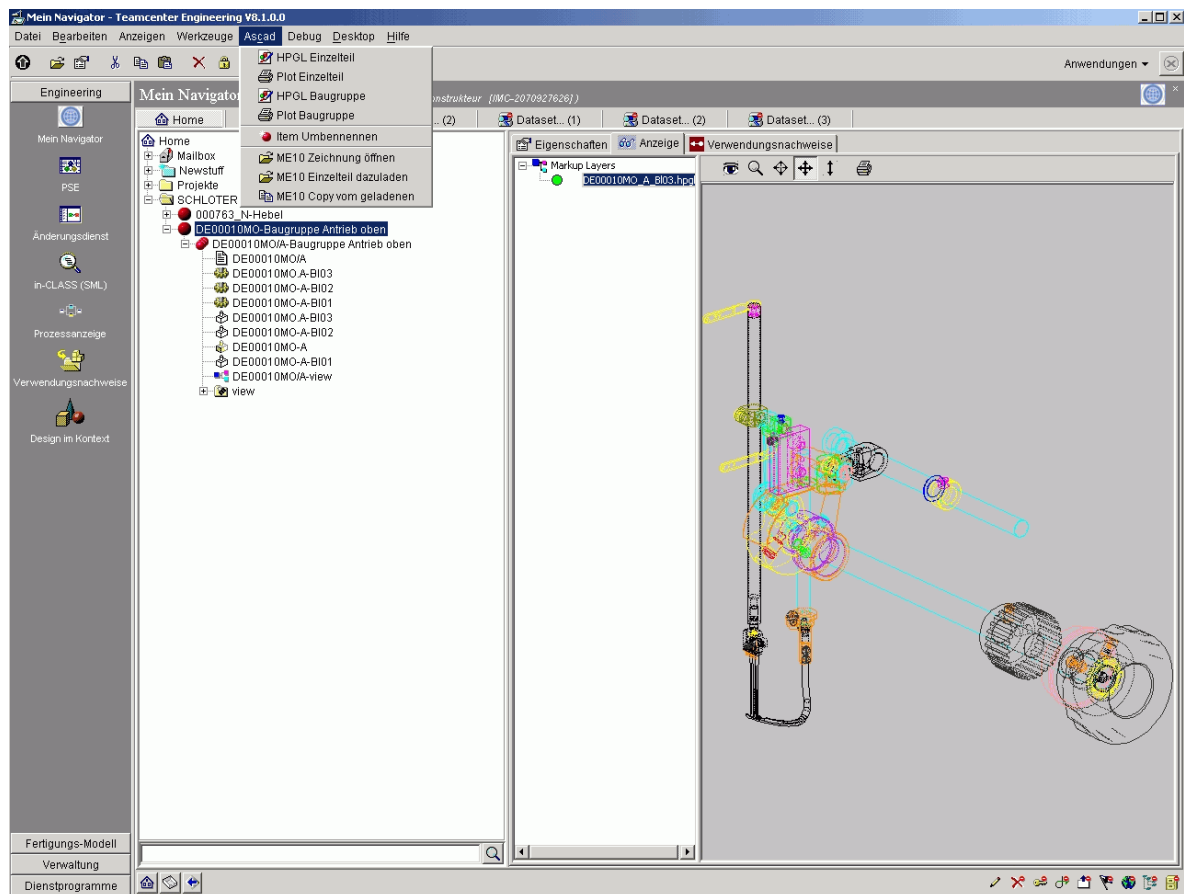


Abbildung 7-6: „Pulldown“-Menü der Plot- und Zusatzfunktionen

Neben den Einträgen „Plot Einzelteil“ und „Plot Baugruppe“ sind im oberen Bereich des Menüs die Funktionen „HPGL Einzelteil“ und „HPGL Baugruppe“ verfügbar. Mit diesen

Funktionen lassen sich ausgewählte Daten in das HPGL-Format überführen und in die Datenbank einchecken, ohne dass eine Plotausgabe dieser Daten erfolgt.

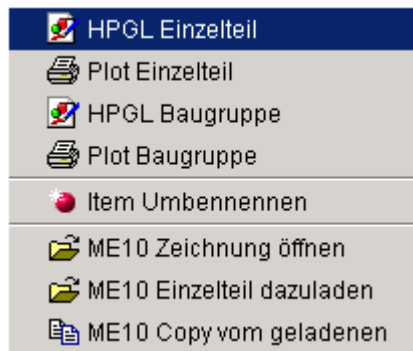


Abbildung 7-7: Menüpunkte der Zusatzfunktionen

Über die Voreinstellung im Bereich der Rechtevergabe (vgl. Abschnitt 6.3) wird entschieden, ob grundsätzlich nur freigegebene Dokumente selektierbar sind oder ob der letzte Änderungsstand verwendet wird, der ggf. noch nicht freigegeben ist. Die Einstellung muss benutzerspezifisch sein, da beispielsweise der Einkauf oder Vertrieb nur auf freigegebene Dokumente Zugriff haben darf, die Konstruktionsabteilung dagegen aber alle Versionen bearbeiten muss, also auch die in Arbeit befindlichen.

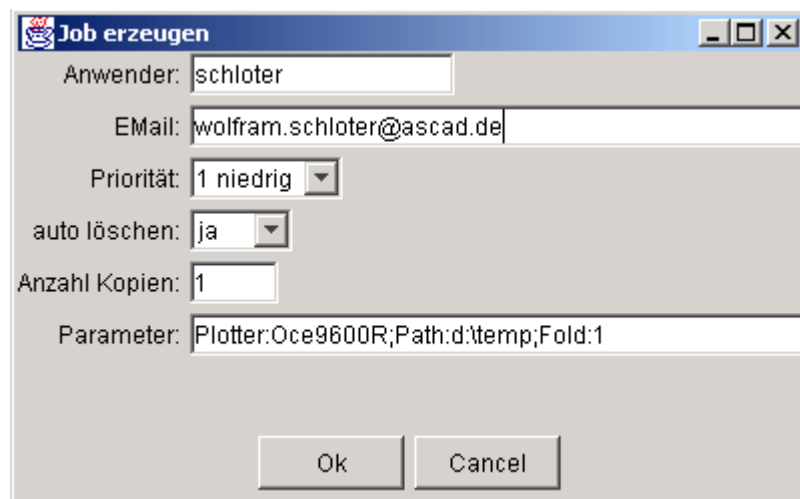


Abbildung 7-8: Eingabemaske der Plotroutine

Innerhalb der Eingabemaske für die Plotausgabe (siehe **Abbildung 7-8**), die nach Anwahl einer der Plotfunktionen erscheint, ist sowohl die Priorität des Plotauftrages einstellbar als

auch die gewünschte Anzahl der zu druckenden Kopien. Mit der Priorisierung des Auftrages lässt sich die Verarbeitung des gestarteten Plotjobs beschleunigen. Dieser wird dann nicht in der Plotqueue hinten angehängt, sondern bevorzugt – mit der vergebenen Priorität – abgearbeitet.

Mit dem Schalter „*auto löschen ja/nein*“ kann der Benutzer steuern, ob der Plotjob nach der Abarbeitung gelöscht wird oder für eine weitere Ausführung in System gespeichert bleibt. Das Parametereingabefeld dient dazu, softwareseitig einstellbare Variablen der Ausgabegeräte zu setzen. Dies geschieht in der Regel nur bei der ersten Inbetriebnahme. In das Feld „*E-Mail*“ trägt das System automatisch die E-Mailadresse des Benutzers ein, der den Plotjob gestartet hat, sofern dieser dem System bekannt ist. Alternativ kann das Feld jedoch auch mit einer beliebigen Adresse ausgefüllt werden, an die die Benachrichtigung über die Fertigstellung des Plotjobs verschickt werden soll. Die Information über die erfolgte Generierung dieses Plotjobs erscheint zusammen mit der vom System vergebenen Jobnummer auf dem Monitor des Anwenders (siehe **Abbildung 7-9**).

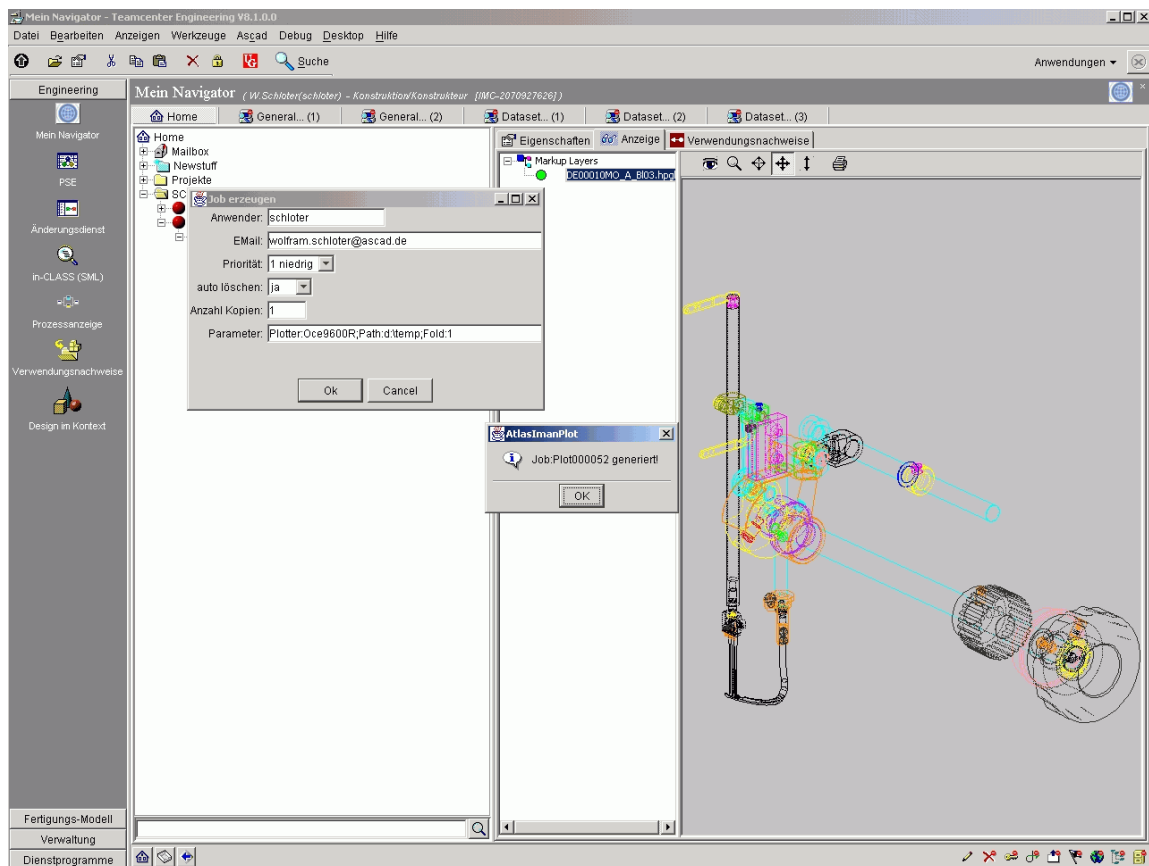


Abbildung 7-9: Dialogmasken der Plotverarbeitung

Auch der Inhalt des erzeugten Plotjobs ist darstellbar. Hierzu muss lediglich der Ordner „AIMPlot“ über die Suchmaske angezeigt werden (siehe **Abbildung 7-10**).

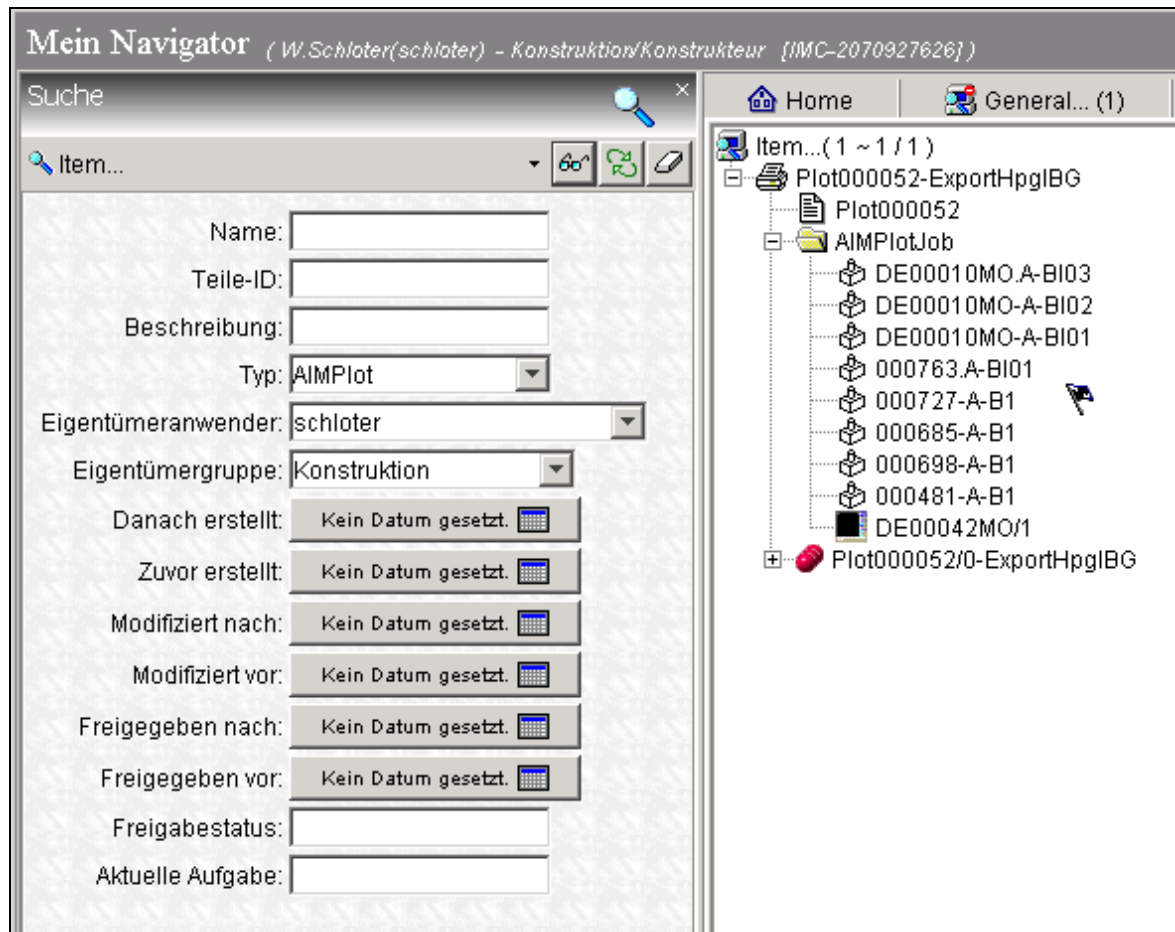


Abbildung 7-10: Anzeige des Ordnerinhalts im aktiven Plotjob

Hinsichtlich der verfügbaren Optionen zur Handhabung von ME10-Dateien befinden sich in der unteren Hälfte des Menüs „Zusatzfunktionen“ die Einträge „ME10 Zeichnung öffnen“ und „ME10 Einzelteil dazuladen“. Mit diesen Funktionen lassen sich aus dem TCE heraus direkt ME10-Zeichnungen laden und bearbeiten sowie bei bereits geladenen Zeichnungen Einzelteile hinzuladen. Dies setzt natürlich voraus, dass alle ME10-Zeichnungen sich in der Verwaltung des PLM befinden, was in einem einmaligen und weitgehend automatisierten Prozess vollzogen wurde. Dabei lag der geringe manuelle Aufwand darin, Stichproben der in das PLM-System eingeeckten ME10-Daten zu sichten. Dieser Prüfzyklus ist notwendig um sicherzustellen, dass alle zeichnungsrelevanten Informationen korrekt in die Stammdatenmaske übertragen wurden und dass die Assoziativität zwischen Zeichnungsschriftfeld und Stammdaten gegeben ist.

Das Ergebnis zeigen die **Abbildung 7-11** und **Abbildung 7-12**. Die ME10-Zeichnung wurde als separates Item angelegt und mit Item-Revisions unterlegt. Die Struktur des Item-Revisions mit dem Revisionsstand „B“ ist sichtbar.

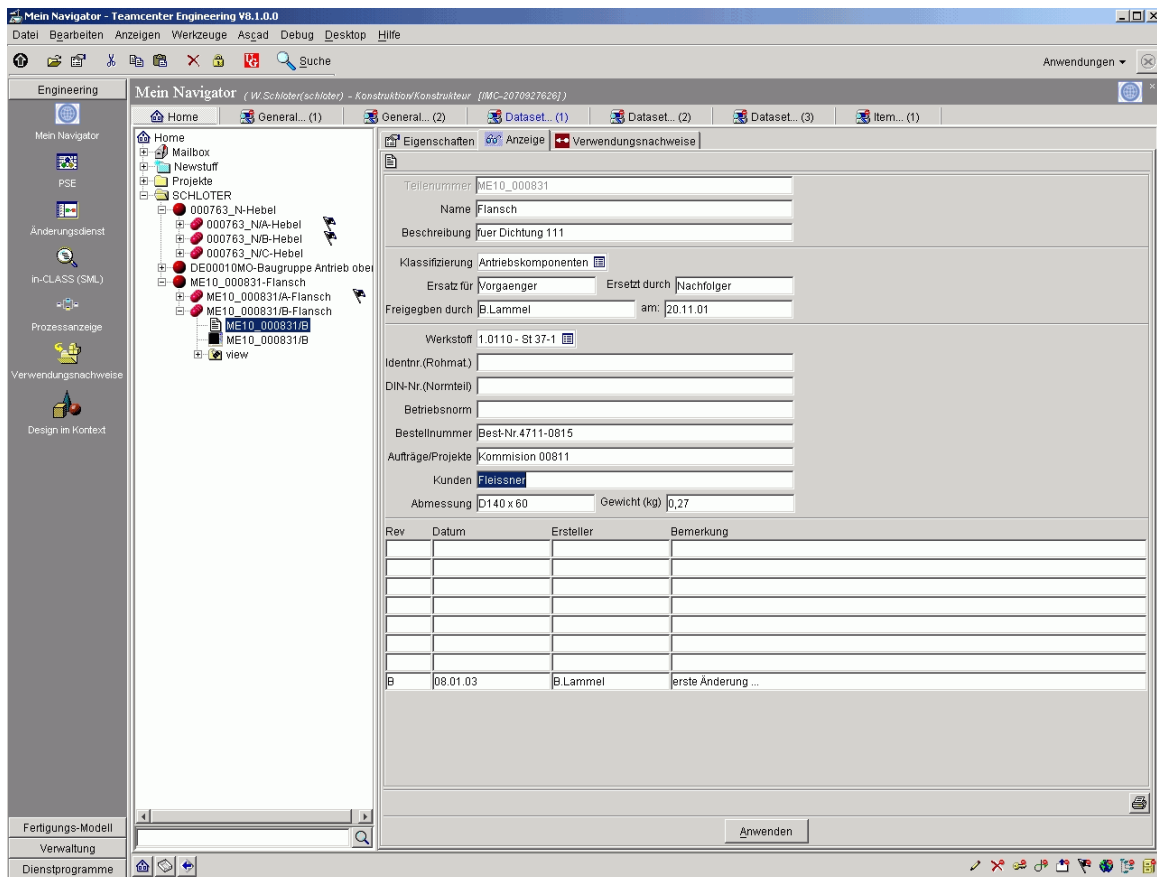


Abbildung 7-11: Stammdatenmaske der ME10-Zeichnung

				Mogellob	
				Werkstoff 1,0110 - St 37-1	
		Datum	Name	Benennung Flansch fuer Dichtung 111	
		Bearb.			
		Gepr.			
		Freig.	20.11.01	B Lammell	
				Zeichnungsnummer ME10_000831	
				Version B	Blatt /
B	erste Änderung	08.01.03	B Lammell		
Index	Änderung	Datum	Name	Erst: Vorgänger	Erst: Nachfolger

Abbildung 7-12: ME10-Zeichnungsschriftfeld, automatisch von TCE ausgefüllt

Es enthält neben dem eigentlichen ME10-Dataset ein Stammdatenblatt, das alle aus dem Schriftfeld der originalen ME10-Zeichnung übernommenen Zeichnungsinformationen trägt. Der Abgleich zwischen den Stammdaten des Schriftfeldes der ME10-Zeichnung und den Metadaten im PLM ist automatisiert. Auch die Vorschaufunctionalität für den Datasettyp „ME10-Zeichnung“ ist implementiert. Am Beispiel des Flanschs „000831/B“ ist dies in **Abbildung 7-13** sichtbar.

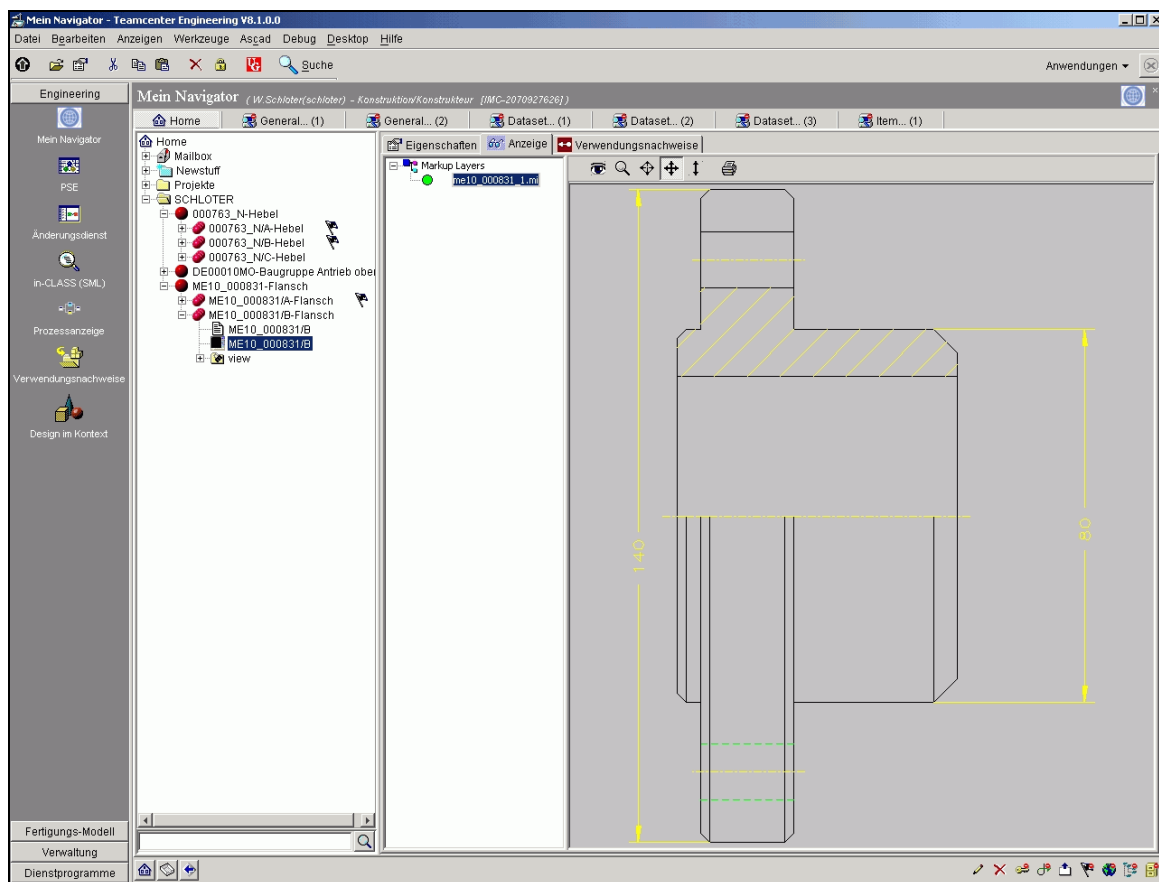


Abbildung 7-13: Vorschauarstellung von ME10-Zeichnungen

Neben den ME10-Zeichnungen sind auch die Zeichnungen des Archivs in das PLM überführt worden. Auch hier wird dieselbe Stammdatenmaske eingesetzt und eine Vorschau der Dokumente gewährleistet. Damit ist eine einheitliche Verwaltung und Handhabung aller im PLM verwalteten Dokumententypen erreicht.

Der nächste Schritt ist die Umstellung des Prozesses für das Änderungs- und Freigabewesen. Dieser wird so angepasst, wie es in Abschnitt 6.5.1 beschrieben und in **Abbildung 6-13** dargestellt ist. Die Ausführung im TCE erfolgt durch eine Workflowdefinition gemäß **Abbildung 7-14**. Als Ergebnis wird bei dem Prozessaufruf „Freigabe“ eine Maske

aufgeblendet (siehe **Abbildung 7-15**), die die zum Freigabeprozess notwendigen Einträge zulässt und nach Bestätigung durch den Freigebenden den Status des Objekts entsprechend ändert; ggf. nachgeschaltete Routinen – z. B. automatische Generierung von darstellbaren Formaten – werden nach der Statusänderung durch den Prozess ausgelöst.

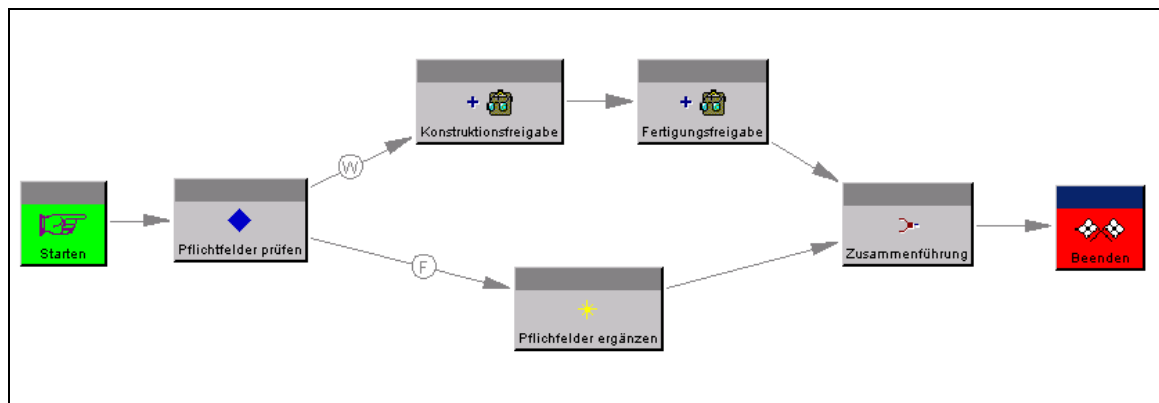


Abbildung 7-14: Workflow für Änderungs- und Freigabewesen

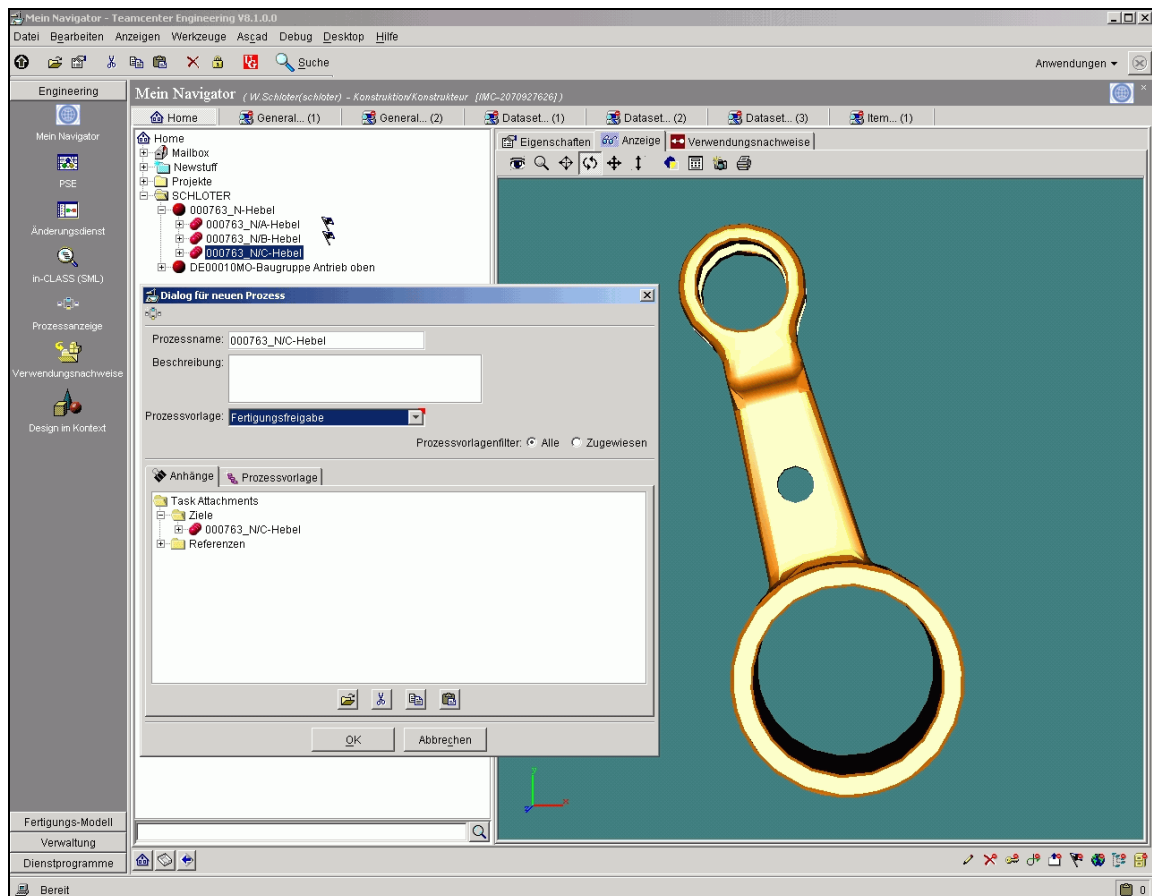


Abbildung 7-15: Freigabedialog im TCE

7.3 Diskussion der Verbesserungen

Die mit der Umsetzung des Konzeptes erzielten Ergebnisse werden offensichtlich, wenn ein Vergleich der ursprünglichen Forderungen (vgl. **Abbildung 3-3**) mit den Gegebenheiten nach der Realisierung gezogen wird.

Anforderung	Ursache	Konzeptansatz	Ergebnis nach Realisierung
Vereinheitlichung der Benutzeroberflächen	IT-Infrastruktur	Restrukturierung	Anforderung erfüllt
Homogenisierung der Softwaresysteme	IT-Infrastruktur	Restrukturierung	Anforderung erfüllt
Vereinheitlichung der Betriebssystemumgebung	IT-Infrastruktur	Restrukturierung	Anforderung erfüllt
Informationssuche und -zugriff	Datenverwaltung	Datenverwaltungssystem	Anforderung erfüllt
Dokumentenausgabe	Datenverwaltung	Datenverwaltungssystem Workflowmanagement	Anforderung erfüllt
Standardisierung der Produktentwicklung	Neuer Prozess	Daten- und Workflowmanagement CAD-Funktionalität	Anforderung erfüllt
Reduzierung der Teilevielfalt	Neuer Prozess	Daten- und Workflowmanagement CAD-Funktionalität	Anforderung erfüllt
Konfigurationsmanagement	Neuer Prozess	Datenmanagement und CAD-Funktionalität	Siehe Kapitel 8
Automatisierung der technischen Dokumentation	Neuer Prozess	Daten- und Workflowmanagement CAD-Funktionalität	Siehe Kapitel 8
Prozessunterstützung	Neuer Prozess	Workflowmanagement	Anforderung erfüllt
Papierlose Fertigung	Neuer Prozess	Datenmanagement und CAD/CAM-Funktionalität	Siehe Kapitel 8

Abbildung 7-16: Vergleichstabelle Anforderungen / Ergebnisse

Dieser Vergleich ist in **Abbildung 7-16** in tabellarischer Darstellung zu sehen. Er zeigt, dass alle wesentlichen Forderungen erfüllt werden konnten bzw. mit weiteren Implementierungsstufen zukünftig erfüllbar sind. Dies bestätigt auch die vergleichende Betrachtung der in Abschnitt 2.8 zusammengefassten Defizite mit den (siehe **Abbildung 7-17**) erzielten Ergebnissen.

Defizite	Ergebnis
<i>Keine Integration zwischen CAD <> FEM <> CAM</i>	abgestellt
<i>Manueller Austausch der Stückliste zwischen CAD <> ERP</i>	automatisiert
<i>Keine Prüfung der Fertigbarkeit im Prüf- und Freigabeprozess</i>	abgestellt
<i>Keine Revisionsstände von Zeichnungen archiviert</i>	abgestellt
<i>Revisionseintragungen in ZVS und ERP erfolgen manuell</i>	automatisiert
<i>Prüf- und Freigabestati in ERP manuell gepflegt</i>	automatisiert
<i>Mitarbeiter nicht bereichsübergreifend einsetzbar</i>	abgestellt
<i>Wissen um Produkte und Prozesse nur in den Köpfen der Mitarbeiter vorhanden</i>	abgestellt
<i>Pflege der technischen Dokumentation nur manuell möglich</i>	abgestellt und automatisiert
<i>Zugriff auf Produktdaten nur aus Konstruktion möglich</i>	abgestellt
<i>Zeitverzug und Qualitätsprobleme bei der Einbindung externer Dienstleister</i>	abgestellt
<i>Dateninkonsistenzen bei Revisionsständen von Zeichnungen und NC-Programmen</i>	abgestellt
<i>Manuelle Nacharbeit an der Zeichnung nötig, um daraus ein NC-Programm generieren zu können</i>	abgestellt

Abbildung 7-17: Ergebnismatrix der Defizitbehandlung

Es wird deutlich, dass die konzeptionelle Vorgehensweise zu dem Ziel geführt hat, alle im Zuge der Analyse der Produktentstehungsprozesse im Unternehmen erkannten Defizite zu eliminieren, und somit schon daraus die in sie gestellten Erwartungen erfüllt. Aber das durch die Umsetzung des Konzeptes erreichte Optimierungspotenzial erstreckt sich nicht nur auf die durch Erreichung der aufgestellten Anforderungen erzielten Verbesserungen. Vielmehr wird mit dem Gesamtkonzept die Basis für ein optimal aufeinander abgestimmtes Prozessmanagement in der Produktentstehungskette gelegt und gleichzeitig dafür gesorgt, dass die in diesem Prozess erzeugten Daten und Informationen jeder Abteilung im Unternehmen auf einfache und vor allem gesicherte Art und Weise zur Verfügung stehen.

Eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des Gesamtprojektes kann erst erfolgen, wenn der letzte der vorgesehenen Implementierungsschritte umgesetzt ist. Es lässt sich jedoch bereits heute sagen, dass allein die Kosteneinsparungen durch die Vermeidung von Fehlproduktion und die Reduzierung der Teilevielfalt die eigentlichen Investitionskosten innerhalb weniger Monate amortisieren. Der volle Umfang des Produktivitätsgewinns und die Steigerung der Produkt- und Prozessqualität zeigen sich erst, wenn alle geänderten Vorgehensweisen und Prozesse eingeführt und die Mitarbeiter damit vertraut sind. Dies erfordert einen Zeitraum von 3-6 Monaten und ist auch davon abhängig, wie die hausinternen Schulungsmaßnahmen umgesetzt werden. Daher ist diesem Aspekt im Zuge der weiteren Implementierungsschritte besonderes Augenmerk zu schenken.

Durch die Modularität und Anpassbarkeit der geschaffenen Lösung ist eine Plattform für den Produktentstehungsprozess entstanden, die auch mittel- bis langfristige Anforderungen abdeckt. Dennoch ist es empfehlenswert, in regelmäßigen zeitlichen Schritten – sinnvoll sind hier 18-24 Monate – die Gesamtkonzeption daraufhin zu untersuchen, ob neue Technologien am Markt verfügbar sind, deren Adaption Vorteile bringen könnte.

8 Ausblick

Aus der Analyse der Prozessabläufe im Unternehmen ergaben sich Defizite (siehe **Abbildung 2-6**), die die Ausgangsbasis für die Ableitung von Forderungen zur Umsetzung neuer Prozess- und Informationstechnologien bildeten. Einige dieser Forderungen bedingen für die konzeptionelle Ausarbeitung eine Änderung von Randbedingungen, andere sind bereits konzipiert, werden jedoch erst mit dem weiteren Fortschritt der Implementierung des Gesamtkonzeptes umgesetzt.

Konkret sind dies die folgenden Forderungen:

- ERP/PLM-Kopplung,
- Konfigurationsmanagement,
- Automatische Erstellung von (technischer) Dokumentation und
- Papierlose Fertigung.

Die Realisierung dieser Punkte stellt den Ausblick auf die weiteren Schritte zur Automatisierung und Optimierung von Unternehmensprozessen dar. Im Einzelnen ergibt sich zum jetzigen Zeitpunkt folgender Sachstand zu den Forderungen:

ERP/PLM-Kopplung

Die Kopplung der beiden Systeme ist komplett konzipiert (vgl. Abschnitt 6.6). Die Realisierung ist einer der letzten Schritte bei der Umsetzung des Gesamtkonzeptes. Zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieser Ausarbeitung war die Gesamtumsetzung noch nicht abgeschlossen, auch nicht die ERP/PLM-Kopplung. Der Projektplan sieht eine Implementierung dieser Funktionalität im Frühjahr 2004 vor.

Konfigurationsmanagement

Die Nutzung der Funktionalität eines Konfigurationsmanagementsystems ist abhängig von der Güte der in diesem System hinterlegten Informationen. Sind diese unvollständig oder fehlerhaft, so ist das Ergebnis einer automatisch erstellten Konfiguration nicht ohne intensive manuelle Prüfung verwertbar. Angedacht war, die Informationsbasis des PLM-Systems als Grundlage für das Konfigurationsmanagement zu verwenden. Das bedeutet, dass der Aufbau der PLM-Lösung vollständig abgeschlossen sein muss, um das Konfigurationsmanagement einzurichten. Aufgrund des großen Zeitverzugs, der bei dieser Vorgehensweise bis zur Nutzung des Werkzeugs in Kauf zu nehmen wäre, wurde hierauf zugunsten einer

Alternativlösung verzichtet. Diese sieht vor, eine autarke und ausschließlich für diesen Verwendungszweck vorgesehene Standardsoftware zu erwerben. Sie enthält eine Datenbank, die mit den Informationen der weitgehend normierten Maschinen des Referenzkunden gefüllt wird, um hieraus für genau diese Maschinentypen vertriebsorientierte Konfigurationsvorschläge ausarbeiten zu lassen.

Da sich die Vorgehensweise der Schaffung einer dedizierten Insellösung schon früh abzeichnete, wurde auf die Berücksichtigung der Funktionalität im Zuge des Gesamtkonzeptes verzichtet. Es bleibt zu einem späteren Zeitpunkt zu prüfen, ob mit dieser Insellösung der gewünschte Erfolg erzielt wurde und inwieweit sie sich in das PLM-Gesamtkonzept integrieren lässt.

Automatische Erstellung von (technischer) Dokumentation

Die automatische Erstellung von technischer Dokumentation liegt als Konzept vor. Die Voraussetzung für dessen Umsetzung ist jedoch die Speicherung von Baugruppen im PLM als so genannte „präzise Baugruppen“ (siehe Abschnitt 6.5.6). Dies ist beim Referenzkunden aufgrund des in Abschnitt 6.5.6 beschriebenen Sachverhalts nicht vorgesehen. Damit ist auch die Automatisierung der Dokumentationstätigkeit nicht so umsetzbar wie im Konzept beabsichtigt. Allerdings wird mit zunehmender Nutzung von 3D-Technologie die Änderungshistorie jedes Objektes immer transparenter, so dass eine Realisierung des Konzeptvorschlags für einen späteren Zeitpunkt geplant ist, der terminlich erst fixiert werden kann, wenn die Nutzung von 3D-Technologie flächendeckend erfolgt.

Papierlose Fertigung

Die Grundlage für eine papierlose Fertigung ist die Übertragung aller fertigungsrelevanten Informationen mit dem 3D-Modell zur Fertigung. Wenn die Softwarehersteller dies heute auch schon in ihren Produktbeschreibungen zusichern, so ist die Realität doch noch eine andere. Vor allem Toleranzangaben, Passungen usw. sind heute noch nicht ohne weiteres an ein 3D-Modell anzubringen und auf der CAM-Seite automatisch auszuwerten. Noch immer ist der Konstrukteur gefordert, die von ihm erstellte Zeichnung – und nicht das 3D-Modell! – manuell mit allen fertigungsrelevanten Informationen zu versehen. Solange dieser Sachverhalt Bestand hat, ist die konzeptionelle Auslegung einer solchen Funktionalität nicht möglich und somit auch in der vorliegenden Ausarbeitung nicht erfolgt.

Das Gesamtkonzept muss aber nicht nur in der Lage sein, heutige Forderungen zu erfüllen, sondern muss auch die Adaption technologischer Trends in der Zukunft ermöglichen. Absehbar ist hier bereits heute die Technologie des „*Collaboration Engineering*“ [27], die

derzeit im Automobilbau zunehmende Akzeptanz findet. Sie erlaubt das gleichzeitige Arbeiten an Produktentwicklungsprojekten unabhängig von Anzahl und jeweiligem Standort der beteiligten Mitarbeiter. Diese noch in den Anfängen befindliche Technologie hat zum Ziel, alle am Produktentstehungsprozess beteiligten Personen an einem beliebigen Standort auf der Erde über einen PC-Arbeitsplatz und eine Internetverbindung in die Lage zu versetzen, ihre Tätigkeiten so auszuführen, als wäre der Arbeitsplatz direkt in der Konstruktionsabteilung des Unternehmens. Somit trägt dieser Ansatz der zunehmenden Globalisierung der Märkte Rechnung. Die Basis für diese Technologie ist mit der Umsetzung des vorliegenden Konzeptes geschaffen. Sowohl die IT-Infrastruktur als auch die softwareseitigen Komponenten sind hierfür ausgelegt. Dies verdeutlicht die Zukunftsorientiertheit der Gesamtkonzeption.

9 Zusammenfassung

Technische Datenverarbeitung hat wie keine andere Technologie den Produktentstehungsprozess – auch und gerade im Maschinenbau – revolutioniert. Alle Teilbereiche dieses Prozesses werden durch eine Vielzahl unterschiedlicher Softwarewerkzeuge abgedeckt. Das Ergebnis sind im Laufe von Jahren entstandene inhomogene IT-Infrastrukturen und eine Vielzahl inkompatibler Formate bei den erzeugten Daten.

Die vorliegende Arbeit zeigt am Beispiel eines Unternehmens aus der Branche „Sondermaschinenbau“ die Entwicklung und Umsetzung eines Gesamtkonzeptes auf, mit dessen Hilfe eine Möglichkeit geschaffen wird, vorhandene Systeme und Prozesse in eine ganzheitliche und zukunftsorientierte IT-Gesamtstruktur zu überführen. Dabei wird darauf geachtet, dass es die Modularität des Konzeptes zulässt, auch Teilbereiche daraus zu realisieren und somit wirtschaftliche Randbedingungen des Unternehmens in die Betrachtung einbeziehen.

Kern der Konzeption ist die Einführung eines Systems für das Product-Lifecycle-Management (PLM), das als zentrale Verwaltungseinheit der entlang des Produktlebenszyklus entstehenden Daten fungiert und die begleitenden Prozesse der Produktentwicklung überwacht. Hier werden alle dem Produkt zugeordneten Informationen, unabhängig von deren Format oder Ursprung, revisionsabhängig abgelegt. Dies bedingt die Integration von bestehenden Daten aus den früher vorrangig eingesetzten 2D-CAD-Systemen (ME10) ebenso wie die Verwaltung von aktuellen 3D-CAD-Modellen und beliebigen Dokumenten aus Altzeichnungsarchiven oder Textverarbeitungsprogrammen.

Hieraus entsteht ein zentraler Informationspool, der den Zugriff auf produktrelevante Daten mit einer Geschwindigkeit und Qualität zulässt, die einen signifikanten Produktivitätsgewinn mit sich bringen. Nicht nur Abteilungen, die direkt am Entwicklungs- und Fertigungsprozess beteiligt sind, profitieren hiervon, sondern alle Abteilungen im Unternehmen, die zu irgendeinem Zeitpunkt Zugriff auf eine bestimmte Information brauchen und diese in kürzester Zeit erhalten.

In Verbindung mit der konsequenten Nutzung von parametrischer 3D-CAD-Technologie entsteht eine Lösung, die eine Standardisierung des Produktspektrums zulässt und damit eine signifikante Reduzierung der verwendeten Teilevielfalt realisiert. Gleichzeitig werden Möglichkeiten geschaffen, über die eine Optimierung der Produktentstehungsprozesse erreicht wird und die es dennoch zulassen, diese Prozesse flexibel zu handhaben.

Das Gesamtkonzept ist allgemeingültig gehalten, so dass es jederzeit auf die Belange anderer Unternehmen übertragbar ist. Dort, wo kundenspezifische Anpassungen

vorgenommen werden mussten, sind auch diese so realisiert, dass sie mit geringem Aufwand an ähnliche Anforderungen anpassbar sind. Dies wird deutlich in den Individualprogrammen, die für die Dokumentenausgabe realisiert wurden. Hier sind alle Parameter so definiert, dass sie problemlos für die Anforderungen an Prozesse oder geräteseitige Bedingungen anderer Unternehmen umgestellt werden können.

Die Richtigkeit des Gesamtkonzeptes zeigt sich auch in der Akzeptanz, die es im Referenzunternehmen findet. Wenn auch die Implementierung noch nicht abgeschlossen ist, so sind doch die Verbesserungen hinsichtlich der Qualität der Prozessabläufe und der verwendeten Daten unübersehbar. Durch die Modularität der Konzeption ist gewährleistet, dass sowohl zukünftige Entwicklungen im Bereich der Informationstechnologie ohne Schwierigkeiten adaptierbar sind als auch die Einarbeitung neuer, aus der Unternehmensentwicklung erwachsender Anforderungen möglich bleibt.

Die vorliegende Arbeit leistet einen Beitrag zur Diskussion über den Einsatz und die Verwendung technischer Informationssysteme im Produktentstehungsprozess. Es wird aber auch deutlich, dass, unabhängig von der Ausprägung solcher Systeme, sie immer nur ein unterstützendes Hilfsmittel sein können. Das virtuelle oder reale Produkt wird auch zukünftig vom Menschen geschaffen. Ziel muss es sein, diesen Menschen mit der Unterstützung durch IT-Technologie den Freiraum für Kreativität und Erfindungsreichtum zu verschaffen, der die Grundlage jeder Innovation ist.

10 Literaturverzeichnis

- [1] **VDMA:** *Produkt Daten Management – Grundlagen und Entscheidungshilfen:* Schriftenreihe des Fachverbandes Informationstechnik im VDMA und ZVEI, 1995
- [2] **Fleissner, G.:** *150 Jahre Fleissner: Firmen- und Produktbroschüre*, Fleissner 2003
- [3] **Vajna, S.:** *Product Lifecycle Management:* In: Frankfurter Allgemeine Zeitung, 27.1.2003
- [4] **Golla, K.-M.; Heinz, S.; Iselborn, B.; Wüseke, P.:** *CAD-Geometrie alleine reicht auf Dauer nicht.* In: Konstruktion 11/12-2000
- [5] **Riekert, W. F.:** *Datenbanksysteme und Aufbau von Datenbanken:* Fachhochschule Stuttgart 2000
- [6] **Stracke, H. J.:** *Seminarreihe Datenbanken:* Seminarskript, Universität Essen 1995
- [7] **Schick, F.:** *Kommunikationsmethoden im Unternehmen – Dokumentenmanagement, Archivierung und Workflow.* In: CADWORLD 06-1999.
- [8] **Schöttner, J.:** *Produktdatenmanagement in der Fertigungsindustrie*, Hanser Verlag, München 1999
- [9] **Wissussek, D.:** *Recyclinggerechtes Konstruieren im PKW-Bau:* In: TM-Technische Mitteilungen 87 (1994) 3, pp. 135-142
- [10] **Verein Deutscher Ingenieure:** *Informationsverarbeitung in der Produktentwicklung – Einführung und Wirtschaftlichkeit von EDM/PDM-Systemen:* VDI-Richtlinien – VDI 2219, November 2002
- [11] **Vajna, S.:** *Die neue Richtlinie VDI 2219. Praxiserprobte Hinweise zu Einführungsstrategien und Wirtschaftlichkeit von EDM/PDM-Systemen:* In: Konstruktion, März 2000
- [12] **Spur, G.; Krause, F.:** *Das virtuelle Produkt:* Hanser Verlag, München 1997
- [13] **Vajna, S.:** *Entwicklung der Produktentwicklung:* Vortragsskript, Otto-von-Guericke Universität Magdeburg 2003
- [14] **Steck, R.:** *Grundlagen Enterprise Resource Planning - Ressourcen richtig nutzen:* In: CADWORLD 06-1999.

-
- [15] **Dankwort, C. W.:** *Von Monolithen zu Komponenten: CAX-Architekturen im Wandel.* Fachtagung der Gesellschaft für Informatik, CAD 96: Verteilte und intelligente CAD-Systeme, Kaiserslautern 1996, S. 357-368
- [16] **Lobeck, F.:** *Konzept für ein objektorientiertes, bereichsübergreifendes Dokumenteninformations- und -verwaltungssystem:* Shaker Verlag, Aachen 1999
- [17] **EDM-Report:** *Marktübersicht EDM/PDM-Systeme: Die Systemauswahl ist erfolgsentscheidend:* EDM-Report, 1/1998, Dressler-Verlag GmbH
- [18] **Rezayat, M.:** *The Enterprise-Web portal for life-cycle support.* In: Computer-Aided-Design 32, September 1999
- [19] **Josuttis, N.:** *Objektorientiertes Programmieren in C++:* Verlag Addison-Wesley, München 1994
- [20] **Meyers, S.:** *Effektiv C++ programmieren:* Verlag Addison-Wesley, 3. Auflage, München 1998
- [21] **Bergers, D.:** *Produktentwicklung – Produkterfolg:* Vorlesungsskript, Universität Essen 2002
- [22] **Unigraphics Solutions®:** *Information Manager – Fundamentals and Workspace User Guide,* 1998
- [23] **Diedenhoven, H.; Stracke, H. J.:** *Anforderungen an eine funktionale CAD-Benutzeroberfläche:* In: CAD-CAM Report Nr. 10 , 1987
- [24] **Stracke, H. J.:** *Seminarreihe CAD:* Seminarskript 2002, Universität Essen
- [25] **Co|Create GmbH:** *ME10 AI Reference:* Co|Create Electronic Manuals 1998
- [26] **Neipp, G.; Stracke, H. J.:** *Einführung in die CIM-Praxis:* VDI Verlag, Düsseldorf 1991
- [27] **Muth, M.:** *Engineering Collaboration – Kernbegriff für das 21. Jahrhundert.* In: CADplus, Ausgabe April/Mai 2001, S. 22-29
- [28] **N. N.:** *DIN 4000-1 – Sachmerkmal-Leisten; Begriffe und Grundsätze:* Ausgabe 1992-09, Beuth Verlag Berlin

-
- [29] **Graebig:** *DIN-Taschenbuch 223 – Qualitätsmanagement und Statistik. Begriffe:* Ausgabe 2001-09, Beuth Verlag Berlin
- [30] **Graebig:** *DIN-Taschenbuch 226 – Qualitätsmanagement:* Ausgabe 2003-04, Beuth Verlag Berlin

11 Anhang

Abkürzungen

Begriff	Erklärung
API	Application Programming Interface
AI	Application Interface
ASP	Application Service Provider
AV	Arbeitsvorbereitung
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAP	Computer Aided Planning
CAQ	Computer Aided Quality Assurance
CASE	Computer Aided Software Engineering
CAX	Summe der CA-Technologien, z. B. CAD, CAM oder CASE
CSL	Comma Separated List (Durch Kommata getrennte Liste mit Datenfeldern)
DBS	Datenbanksystem
DBMS	Datenbankmanagementsystem
DDE	Dynamic Data Exchange (Dynamischer Datenaustausch)
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
DMS	Document Management System
DNC	Direct Numeric Control
DSS	Dokumentenstammsatz
DXF	Drawing Exchange Format
ECO	Engineering Change Order
ECR	Engineering Change Request
EDM	Engineering Data Management
EDS	Electronic Data Systems

E-Mail	Elektronische Post
EMC ²	Hersteller von hochverfügbaren Speichersystemen
ERP	Enterprise Resource Planning (Produktionsplanung und -steuerung)
ERM	Entity Relationship Model
FEM	Finite Elemente Methode
GIF	Graphics Interchange Format, Grafikdatenformat
GUI	Graphical User Interface (grafische Bedienoberfläche)
HPGL	Hewlett-Packard Graphics Language
HP-UX	Unix-Derivat der Fa. Hewlett-Packard
HR	Human Resources
HTML	Hypertext Mark-up Language
IGES	Initial Graphics Exchange Specification
IP	Internet Protocol
ISDN	Integrated Services Digital Network
IT	Informationstechnologie
JPEG	Joint Photographic Experts Group, Grafikdatenformat
LAN	Local Area Network
MBit/sec	MegaBit pro Sekunde, Maß für die Datentransferrate
ME10	2D-CAD-System der Firma Co Create
MI	Datenformat von ME10
NC	Numeric Control
NT	Betriebssystemvariante der Firma Microsoft®
OLE	Object Linking and Embedding
PC	Personal Computer
PDF	Portable Document Format (Dateiformat der Fa. Adobe)
PDM	Product Data Management
PLM	Product Lifecycle Management
PPS	Produktionsplanungs und -steuerungssystem
PSE	Product Structure Editor (Produktstruktureditor)

RDBS	Relationales Datenbanksystem
ROI	Return-On-Investment
SAN	Storage Area Network
SML	Sachmerkmalleisten
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
SQL	Structured Query Language
TCE	Teamcenter Engineering (PLM-System von EDS)
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol
TIFF	Tagged Image File Format
TSS	Teilestammsatz
UDF	User Defined Feature (Benutzerdefiniertes Formelement)
UNC	Universal Numeric Control
Unigraphics®	3D-CAD-System der Fa. EDS PLM Solutions
UNIX	Unified Extension (Betriebssystem)
URL	Uniform Resource Locator
VPN	Virtual Private Network
VRML	Virtual Reality Modelling Language
WAN	Wide Area Network
WAVE	What-if Alternate Value Engineering
WEB	Kurzform von "World-Wide-Web" (Internet)
XML	Extensible Markup Language
ZSS	Zeichnungsstammsatz
ZVS	Zeichnungsverwaltungssystem

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Parallelisierung der Schritte in der Produktentwicklung.....	3
Abbildung 2-1: Trocknungsanlage mit „High-Tech-Trommel“	9
Abbildung 2-2: Darstellung der bestehenden IT-Infrastruktur	18
Abbildung 2-3: Informationsfluss im Vertriebsprozess	20
Abbildung 2-4: Prüf- und Freigabeprozess für Neukonstruktionen	23
Abbildung 2-5: Prüf- und Freigabeprozess für Änderungskonstruktionen	24
Abbildung 2-6: Tabellarische Aufstellung der Defizite in Abteilungen und Prozessen	33
Abbildung 3-1: Microsoft® Outlook Benutzeroberfläche	35
Abbildung 3-2: Medienbrüche in der Prozesskette	36
Abbildung 3-3: Anforderungen und Lösungsansätze zur Beseitigung von Defiziten	45
Abbildung 4-1: Funktionsweise von ZVS-Systemen	48
Abbildung 4-2: Datenbanktabelle auf Basis Microsoft® Access [5]	50
Abbildung 4-3: ERM-Diagramm einer relationalen Datenbank [6]	51
Abbildung 4-4: Datenbanktabellen zum ERM-Schema aus Abbildung 4-3 [6]	52
Abbildung 4-5: Systembezogene Datenhaltung [8]	54
Abbildung 4-6: Abgrenzung PDM- zu PLM-Technologie	55
Abbildung 4-7: PLM als technisches Informationssystem.....	56
Abbildung 4-8: Informations- und Materialfluss im Produktentstehungsprozess [12]	57
Abbildung 4-9: Fehlerverursachung und -behebung im Produktentstehungsprozess [13]	58
Abbildung 4-10: „Monolithische“ Systemarchitektur [15].....	60
Abbildung 4-11: „Bereichsorientierter“ Lösungsansatz	61
Abbildung 4-12: PLM-Lösungen im Systemvergleich	62
Abbildung 4-13: Grundlegende Anforderungen an PLM-Lösungen.....	63
Abbildung 4-14: Beziehung zwischen Dokument und Dokumentenstammsatz.....	66
Abbildung 4-15: Beispiel einer Produktstruktur	67
Abbildung 4-16: Strukturbrowser und grafische Vorschau im TCE.....	68
Abbildung 4-17: Workflowerstellung im TCE-Navigator	72
Abbildung 4-18: Referenzarchitektur von PLM-Systemen	76
Abbildung 4-19: Beispiel einer Client-/Server-Architektur von PLM-Systemen	79
Abbildung 4-20: Standortübergreifende PLM-Instanzen	80
Abbildung 5-1: „Return-On-Investment“-Darstellung [21]	81
Abbildung 5-2: Produktivitätsknick bei Systemeinführungen	82
Abbildung 6-1: Architektur des PLM-Konzepts	89
Abbildung 6-2: TCE-Dialogfenster „Navigator“.....	90
Abbildung 6-3: Objekt- und Dokumentensymbole im TCE	91
Abbildung 6-4: TCE-Navigator-Darstellung einer Baugruppe	92
Abbildung 6-5: Produktstrukturdarstellung im PSE-Modul	93
Abbildung 6-6: Stammdatenmaske	94
Abbildung 6-7: Benutzerverwaltung im PLM-System.....	95

Abbildung 6-8: Maske der Zugriffsverwaltung	96
Abbildung 6-9: Rechtedefinition für Benutzergruppen und Rollen	96
Abbildung 6-10: Standard-Suchmaske des TCE	97
Abbildung 6-11: Benutzeroberfläche des CAD-Systems „ME10“	103
Abbildung 6-12: Datenstruktur des CAD-Systems „ME10“ [24]	105
Abbildung 6-13: Überarbeiteter Prüf- und Freigabeprozess	108
Abbildung 6-14: Ablaufdiagramm des Plotprozesses	110
Abbildung 6-15: Benutzeroberfläche des TCE-WEB-Clients	112
Abbildung 6-16: Unternehmensübergreifende Informationsflüsse im PLM [13]	113
Abbildung 6-17: Prozess des WEB-basierenden Dokumentenabrufs	114
Abbildung 6-18: Werteliste für Parametrik der Luftregelklappe	120
Abbildung 6-19: Luftregelklappe 4440-215, parametrisch konstruiert	120
Abbildung 6-20: Luftregelklappe 4440-205, parametrisch konstruiert	121
Abbildung 6-21: Schriftfeld und Stückliste der Zeichnung (Luftregelklappe)	121
Abbildung 6-22: Abhängigkeit von Produktstruktur und Dokumentation	124
Abbildung 6-23: Datenströme zwischen ERP und PLM	125
Abbildung 7-1: Stammdatenmaske mit Selektionsmenü für Werkstoffe	129
Abbildung 7-2: Vorbelegungsменю des Klassifizierungsfeldes	130
Abbildung 7-3: Suchfunktionen der Stammdatenmaske	131
Abbildung 7-4: Ergebnisfenster einer Suchanfrage	132
Abbildung 7-5: Suchanfrage mit vorbelegten Feldern	132
Abbildung 7-6: „Pulldown“-Menü der Plot- und Zusatzfunktionen	133
Abbildung 7-7: Menüpunkte der Zusatzfunktionen	134
Abbildung 7-8: Eingabemaske der Plotroutine	134
Abbildung 7-9: Dialogmasken der Plotverarbeitung	135
Abbildung 7-10: Anzeige des Ordnerinhalts im aktiven Plotjob	136
Abbildung 7-11: Stammdatenmaske der ME10-Zeichnung	137
Abbildung 7-12: ME10-Zeichnungsschriftfeld, automatisch von TCE ausgefüllt	137
Abbildung 7-13: Vorschauarstellung von ME10-Zeichnungen	138
Abbildung 7-14: Workflow für Änderungs- und Freigabewesen	139
Abbildung 7-15: Freigabedialog im TCE	139
Abbildung 7-16: Vergleichstabelle Anforderungen / Ergebnisse	140
Abbildung 7-17: Ergebnismatrix der Defizitbehandlung	141